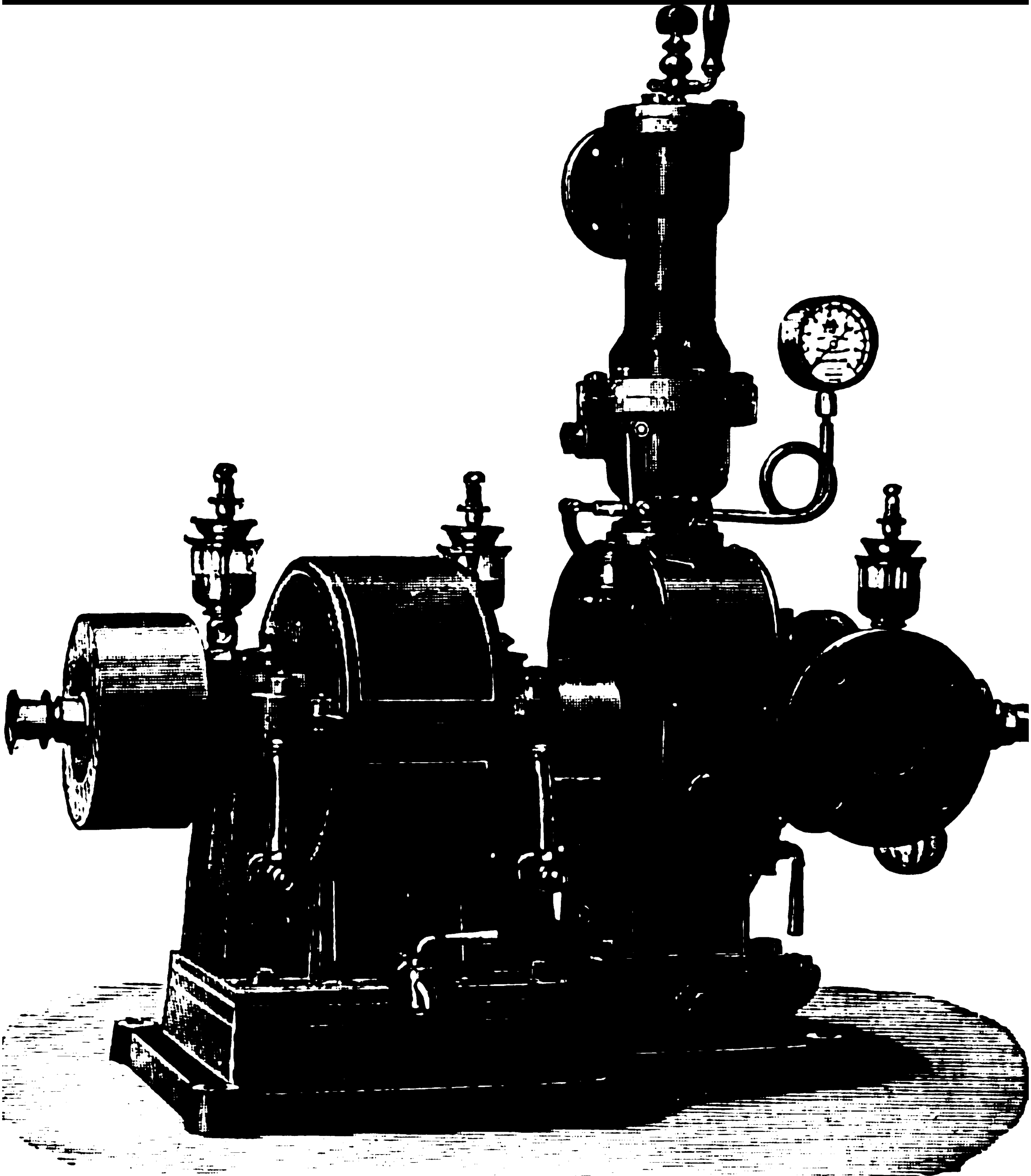
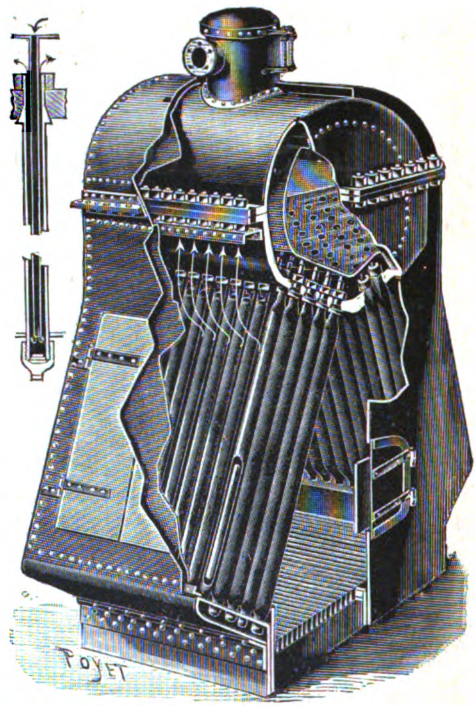


Les moteurs légers applicables à l'industrie aux cycles et ...

Raoul Marquis

LES MOTEURS LÉGERS

LES MOTEURS LÉGERS



LES

MOTEURS LÉGERS

Applicables à l'Industrie
aux Cycles et Automobiles, à la Navigation
à l'Aéronautique, à l'Aviation, etc.

PAR

H. DE GRAFFIGNY

INGÉNIEUR CIVIL
AUTEUR DE LA « PETITE ENCYCLOPÉDIE ÉLECTRO-MÉCANIQUE »
RÉDACTEUR EN CHEF DU « JOURNAL DES INVENTEURS »

Avec 216 figures

PARIS
E. BERNARD et Cie, IMPRIMEURS-EDITEURS
29, Quai des Grands-Augustins, 29
1899

ERRATA

Page 48, ligne 9 : Le moteur de l'omnibus à vapeur Weidknecht a été étudié par M. Ch. Bourdon, ingénieur.

Page 51, ligne 9 : Le système Walschaert est un dispositif de coulisse donnant les mêmes résultats que la coulisse de Stephenson.

Page 113 : Le carburateur Dorey, le *Jupiter*, est le même que celui décrit page 111 (inventeur M. Bouvier-Dreux). Cette seconde description fait donc double emploi avec la première.

PRÉFACE

Depuis que l'automobilisme a pris le prodigieux développement que l'on sait, la partie essentielle de ces mécanismes, le moteur, a reçu des perfectionnements nombreux et fourni des données certaines, des chiffres indiscutables qui permettent de déterminer exactement les divers coefficients dont il faut tenir compte dans la pratique pour obtenir le maximum de rendement.

Il est à remarquer que, pour la locomotion sur routes et sur rails, de même que pour une foule d'autres usages : navigation, aérostation ou aviation, on cherche à avoir des moteurs aussi simples et surtout aussi légers que possible ; ce point est quelquefois même primordial pour certaines de ces applications. Les mécaniciens se sont donc efforcés, pour répondre à cette exigence, de construire des générateurs de force motrice, de poids et de volume aussi restreints que la solidité et la sécurité le permettent, et les modèles qui se disputent la faveur des intéressés sont déjà fort nombreux dans tous les pays.

Il est donc de première utilité, pour toutes les personnes qui s'intéressent, à un titre quelconque, à cette question de première importance aujourd'hui, d'être éclairées sur tout ce qui se fait d'intéressant depuis cinq ou six ans dans cet ordre d'idées, et d'avoir des chiffres certains sur la valeur comparative de ces différents systèmes.

L'ouvrage que nous présentons au public a donc pour but de résumer tout ce qui a été proposé par les inventeurs et exécuté par les mécaniciens dans l'intention de ramener au strict minimum le poids des divers organes composant les mécanismes moteurs et les divers générateurs. Successivement, au cours des douze chapitres de ce livre, nous étudions les forces motrices qui se disputent l'avenir : la vapeur, le pétrole et l'électricité, puis, après avoir

indiqué la théorie du fonctionnement de chacune de ces machines et rappelé les principes sur lesquels ce fonctionnement est basé, nous donnons une monographie, aussi complète que possible, de tous les systèmes de moteurs présentant dans leur agencement quelque disposition nouvelle en ce qui concerne surtout l'allègement de l'ensemble de leurs organes.

En ce qui concerne la provenance des documents réunis dans ce volume, nous nous empressons de reconnaître que nous les avons puisés aux sources les plus autorisées, sources dont tous les ingénieurs spécialistes ont apprécié la valeur. Nous voulons parler d'abord du *Traité de la Construction des voitures automobiles,* publié sous la direction de M. Vigreux, répétiteur à l'Ecole Centrale, par MM. Milandre et Bouquet, ouvrage auquel nous avons emprunté de nombreux dessins et descriptions, ainsi que du *Traité des Moteurs à gaz et à pétrole* (tome troisième), de M. Witz, et des *Grandes Usines* de Turgan.

Les publications périodiques qui suivent de près le mouvement du progrès automobile, — nous avons nommé la *Locomotion automobile,* la plus ancienne revue consacrée à cette industrie, et la *Revue Industrielle,* dirigée par M. Josse, — nous ont été également d'un grand secours pour réaliser le présent ouvrage. Que nos confrères reçoivent ici le témoignage public de notre gratitude et de notre reconnaissance.

Et formulons, en terminant, le souhait que ce travail, sur un sujet à l'ordre du jour, vienne à son heure pour éclairer sur l'état actuel de la question, les nombreux chercheurs qui étudient le problème des moteurs perfectionnés et de poids réduit.

TABLE DES CHAPITRES

LES MOTEURS LÉGERS

CHAPITRE PREMIER

LES GÉNÉRATEURS A VAPEUR

CONDITIONS A RÉALISER POUR LA CONSTRUCTION DES CHAUDIÈRES LÉGÈRES.
DESCRIPTION DES SYSTÈMES BOLLÉE, TURGAN,
DE DION-BOUTON, SERPOLLET, MONTIER, GILLET, DU TEMPLE,
MAC INTYRE, DAVIES, TATIN, ETC.

Le grand inconvénient des chaudières à vapeur, en ce qui concerne leur application en particulier à la locomotion, consiste, d'une part, dans leurs dimensions dès qu'on leur demande une certaine puissance, d'autre part dans leur alimentation qui exige des approvisionnements de combustible et d'eau très considérables dès que l'on veut obtenir un fonctionnement un peu prolongé sans arrêt pour le ravitaillement.

Les efforts des constructeurs se sont donc portés, dans le courant de ces dernières années, sur les moyens d'atténuer autant que possible ces causes d'infériorité de la machine à vapeur, relativement aux autres moteurs, et les types de générateurs présentés depuis peu de temps montrent qu'un sensible progrès a été réalisé dans cet ordre d'idées. Le grand développement pris tout d'un coup par la locomotion automobile a amené la création de moteurs très allégés

dans toutes leurs parties et dont la consommation est extrêmement réduite, ce qui permet de diminuer le poids des approvisionnements nécessaires. Nous donnerons, dans ce chapitre, la description des modèles les plus intéressants.

Dans les applications qu'il s'agissait de réaliser, il fallait avant tout diminuer les proportions, le volume de la chaudière, sans cependant restreindre la production de vapeur. Or, les chaudières tubulaires (fig. 1) sont celles qui permettent d'obtenir le plus facilement ce résultat; elles donnent la possibilité de vaporiser 100 à 120 kilogrammes d'eau par mètre carré de surface de chauffe, à la pression de 7 kilogrammes, alors que les chaudières à foyer intérieur, genre *Lancashire*, ne parviennent à vaporiser qu'environ 35 kilogrammes d'eau par mètre carré de surface de chauffe.

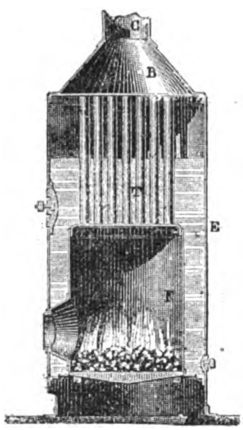


Fig. 1.—Chaudière tubulaire type ordinaire.

Les générateurs à vapeurs légers, actuellement en usage, peuvent être classés en deux catégories : les chaudières multitubulaires, dont il existe de nombreux modèles, et les générateurs à vaporisation instantanée que M. Serpollet a su rendre réellement pratiques. Nous étudierons dans cet ordre les divers systèmes qui se rencontrent maintenant dans l'industrie.

Pour qu'une chaudière à vapeur soit réputée solide, il faut que l'épaisseur des tôles constituant les parois d'enveloppe soit calculée d'après la formule suivante, imposée aux constructeurs par les règlements :

$$e = 1{,}8\, d\, (n - 1) + 3$$

formule dans laquelle e représente l'épaisseur des tôles en millimètres, d le diamètre du corps cylindrique en mètres, et n le nombre de kilogrammes par centimètre carré ou pression absolue de la va-

peur à l'intérieur du réservoir. On se rend donc compte du premier coup d'œil que l'on ne peut alléger le générateur à vapeur qu'en réduisant le diamètre du corps et en augmentant la rapidité de circulation et de vaporisation de l'eau.

Toutes les chaudières bien proportionnées ont un rendement sensiblement égal et produisant de 7 à 10 kilogrammes de vapeur par kilogramme de combustible. On peut ainsi calculer, pour une puissance donnée, la surface de chauffe totale en se basant sur une production moyenne de 100 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe et par heure pour les chaudières tubulaires genre locomotive. Cette surface, une fois déterminée, on donnera à la grille une surface égale à environ un trentième de cette valeur. On peut, d'ailleurs, calculer très exactement cette surface lorsque l'on sait qu'avec un tirage ordinaire on brûle environ 70 kilogrammes de houille à l'heure et par mètre carré de grille, tandis que l'on peut doubler cette quantité avec un tirage forcé.

La forme de chaudière multitubulaire employée en premier lieu pour l'automobile routière est celle avec tubes Field, et c'est M. Amédée Bollée, constructeur au Mans qui a appliqué ce genre de générateur à une voiture dès l'année 1873. Cette voiture, la *Nouvelle*, a pu encore figurer honorablement dans la course d'automobiles de Paris-Bordeaux et retour en 1895, en raison de la réelle valeur de son moteur. Mais avant de donner sa description, nous rappellerons en quelques mots le principe de la chaudière Field, qui a été également appliquée aux pompes à incendie en raison de sa grande puissance de vaporisation.

Chaudière Field. — Le corps est formé par un cylindre annulaire entourant le foyer et la cheminée : la partie supérieure, placée audessus de la cheminée, a un diamètre intérieur plus faible que la partie inférieure correspondant au foyer, de sorte qu'il existe comme

un plafond annulaire au-dessus de celui-ci. Ce plafond sert de support à une série de tubes plongeant obliquement dans le foyer sans gêner cependant la sortie des gaz chauds se rendant à la cheminée

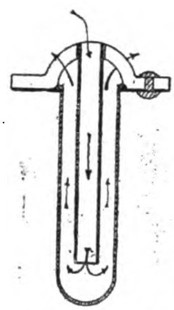


Fig. 2. — Tube Field.

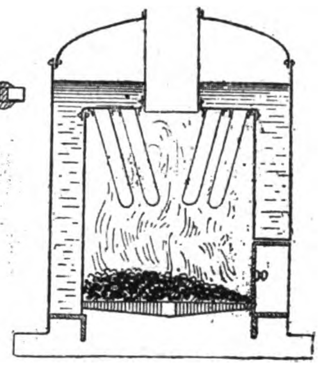


Fig. 3. — Chaudière Field (Coupe).

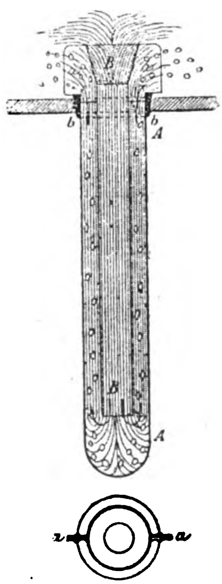


Fig. 5. — Tube Field pour chaudière de pompe à incendie à vapeur.

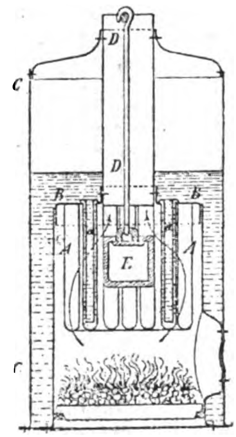


Fig. 4. — Chaudière Field (Coupe).

et en multipliant les points de contact avec ces gaz (fig. 3 et 4). A l'intérieur de ces tubes s'en trouvent d'autres concentriques ; l'eau descend par les tubes intérieurs (fig. 2 et 5) et remonte par l'intervalle annulaire qui les sépare ; la vaporisation est ainsi accélérée et atteint 100 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe et par heure.

Chaudières Bollée, genre Field. — Dans la première voiture construite par M. Bollée, et que représente la figure 6, le générateur mesurait $1^m,30$ de haut sur $0^m,58$ de diamètre. Il renfermait 102 tubes en cuivre rouge, de 45 centimètres de longueur et $0^m,022$ de diamètre intérieur ; les tubes concentriques avaient, eux, $0^m,40$ de long sur $0^m,016$ de diamètre et $0^m,001$ d'épaisseur. Le volume d'eau était, en marche, de 71 litres, et de 157 litres de vapeur, soit environ un tiers d'eau et deux tiers de vapeur. L'alimentation était assurée par un injecteur Kœrting et une pompe : les appareils de sécurité réglementaires étaient montés sur le ciel de la chaudière.

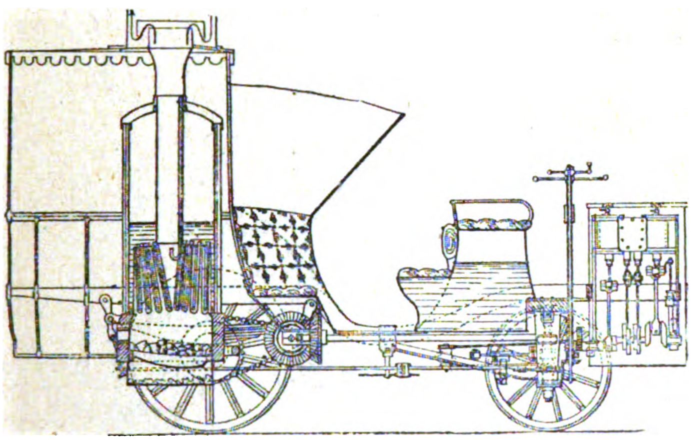


Fig. 6. — Première automobile à vapeur de Bollée (Coupe).

Dans l'omnibus la *Nouvelle*, la hauteur du générateur était de $1^m,15$ avec un diamètre de $0^m,70$; il renfermait 118 tubes et produisait 100 kilogrammes de vapeur à 10 kilogrammes de pression, par mètre carré de surface de chauffe et par heure. Il fallait environ une demi-heure pour la mise en pression.

Les chaudières Field sont très puissantes, comme on le voit, malheureusement elles possèdent en revanche de graves inconvénients et leur forme se prête mal à leur logement sur un véhicule, à cause

de la grande hauteur d'encombrement. D'autre part, le fond des tubes étant en plein feu, les incrustations présentent de grands dangers, et la vaporisation peut se produire dans le tube intérieur, ce qui arrête la circulation de l'eau laquelle n'est d'ailleurs pas guidée dans le réservoir supérieur. Ces tubes ne sont donc pas nettoyables, d'où la nécessité absolue d'alimenter ces chaudières avec de l'eau aussi pure que possible

Chaudière Scotte. — C'est également au type Field légèrement modifié qu'appartient le générateur usité pour la traction du « train Scotte » (fig. 7). Une boîte métallique, placée à la partie supérieure

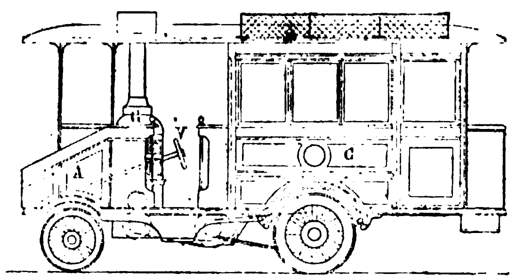


Fig. 7.— Voiture automotrice du train Scotte.

de la cheminée, au-dessus du toit de la voiture, arrête les escarbilles du foyer. Dans le modèle de 1897, la surface de la grille était de $0^{m^2},130$ et le poids, à vide, de 400 kilogrammes. La montée en pression était effectuée en 35 à 40 minutes, et le chiffre du timbre de 12 kilogrammes.

Générateur Thornycroft. — Ce générateur, qui appartient au type multitubulaire, a reçu de très nombreuses applications en Angleterre, notamment pour la navigation, chaloupes, torpilleurs, etc. Dans le modèle appliqué à l'automobile, les tubes ont $0^m,016$ de diamètre extérieur, la surface de $4^{m^2},6$ et la surface de grille de 23 décimètres carrés. Un condenseur par surface, formé de tubes de cuivre, est

disposé sur le toit de la voiture, et malgré son poids restreint de 100 kilogrammes environ, il est suffisant pour condenser toute la vapeur d'échappement. L'alimentation est assurée à l'aide d'une pompe actionnée par le moteur ; le poids total du véhicule ne dépasse pas, à vide, une tonne et demie.

Chaudière Rowan. — Les chaudières Rowan sont très employées pour les tramways et elles ont fourni des résultats très économiques qui ont assuré leur succès. Elles sont disposées verticalement et reliées au châssis du véhicule par une collerette boulonnée. L'enveloppe extérieure est constituée par deux corps cylindriques, boulonnés ensemble, ce qui permet d'enlever la partie supérieure pour mettre à découvert l'enveloppe intérieure, qui est également formée d'un cylindre entourant le foyer, mais dont la partie supérieure a une section rectangulaire (fig. 8, 9 et 10). Entre les quatre faces du prisme ainsi constitué, sont disposés des tubes inclinés qui servent à retarder la sortie des gaz chauds et augmentent considérablement la surface de chauffe. De même que dans la plupart des autres modèles de chaudières tubulaires, les tubes sont inclinés de façon à assurer une circulation d'eau rapide, favoriser l'échauffement qui s'opère plus uniformément et empêcher les incrustations. Dans le type Rowan appliqué aux tramways, la surface de chauffe est de $8^{m^2},83$, et la surface de grille de $1^{m^2},62$. Les parois du foyer ont une épaisseur de $13^{mm},5$ et celles de l'enveloppe de $12^{mm},5$. La chaudière est timbrée à 14 kilogrammes. Le combustible employé est du coke dont on charge une couche épaisse dans le foyer avant le départ, de façon à ce que l'on n'ait plus à se préoccuper de l'entretien du feu en cours de route. En marche, l'alimentation d'eau est effectuée par le jeu d'une pompe qui puise l'eau dans un réservoir placé derrière le moteur, communiquant avec les bâches fixées dans la voiture et où s'écoule l'eau provenant du condenseur à air. Pendant les stationne-

ments et en cas d'arrêt de la pompe, un injecteur permet d'assurer l'alimentation. La production de vapeur de la chaudière Rowan peut atteindre 600 kilogrammes à l'heure, ce qui donne la possibilité de développer de 30 à 60 chevaux-vapeur, suivant l'état et le profil de la route parcourue par le véhicule.

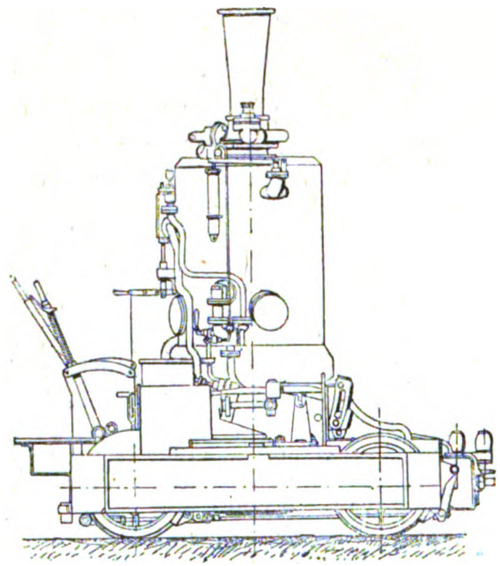


Fig. 8.— Chaudière et moteur Rowan monté sur le truck.

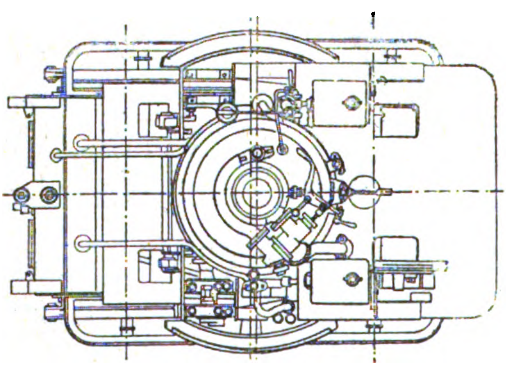


Fig. 9.— Plan.

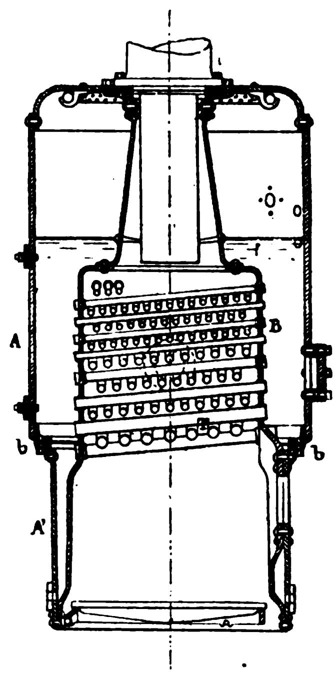


Fig. 10.— Chaudière Rowan (Coupe)

Chaudière Turgan. — M. Turgan, ingénieur civil des Constructions navales, a essayé de remédier aux différents défauts reconnus aux chaudières à tubes Field, et il a imaginé, dans ce but, une nou-

velle disposition de générateur, où les tubes sont répartis de façon à utiliser aussi complètement que possible la chaleur des gaz de la combustion.

Le générateur Turgan, disposé horizontalement, comporte un réservoir longitudinal formant l'arête supérieure d'un prisme triangulaire dont les faces seraient constituées par deux faisceaux de tubes débouchant dans le réservoir, tandis que la grille du foyer représenterait la base. Les éléments vaporisateurs sont constitués par un ensemble de deux tubes : l'un extérieur, léché par les flammes, l'autre plongeant à l'intérieur du premier. Les premiers tubes s'ouvrent à leur partie supérieure dans le réservoir supérieur tandis que leurs extrémités inférieures sont fermées par des bouchons à vis et se trouvent hors du feu et protégées par un écran.

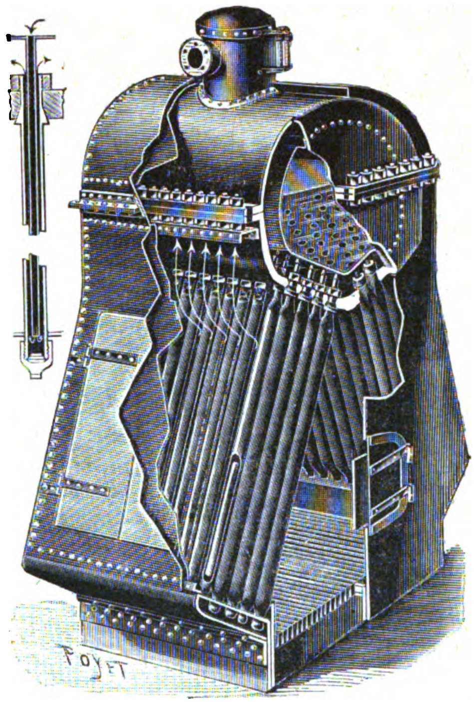


Fig. 11. — Chaudière Turgan.

Dans le réservoir est disposé un collecteur intérieur, également longitudinal dans lequel viennent aboutir les tubes plongeurs ouverts aux deux bouts : d'une part dans le collectéur et d'autre part près de l'extrémité des tubes extérieurs.

D'après ce que nous savons des chaudières Field et Niclausse, il est facile de voir que si l'on alimente dans le collecteur intérieur, l'eau descend par les petits tubes, puis remonte, mélangée à la vapeur qui se forme, dans l'espace annulaire : le collecteur intérieur qui constitue le dispositif vraiment intéressant du générateur Turgan sert

ainsi de guide et permet à l'eau de descendre toujours régulièrement et avec d'autant plus d'abondance que la vaporisation doit être plus active. La vapeur naturellement très sèche, puisqu'elle n'a pas à traverser la masse d'eau de la chaudière est séchée au moyen de dispositifs connus et la prise de vapeur se fait dans un dôme.

Le générateur Turgan présente, dans sa construction, divers dispositifs à signaler : le réservoir supérieur, pour les petites chaudières, est en acier coulé et en deux pièces, il est ainsi très facilement démontable et, par conséquent, accessible à l'intérieur, l'acier coulé a d'ailleurs donné jusqu'ici la meilleure satisfaction ; les bouchons qui ferment l'extrémité des tubes extérieurs se dévissent facilement et l'on peut alors nettoyer les tubes qui sont également rendus démontables par un dispositif très simple pour les chaudières même les plus petites. Enfin, certains tubes présentent une disposition particulière pour permettre de former des écrans, soit pour forcer les gaz chauds à parcourir des circuits de retour de flamme, soit pour protéger les parois mêmes de l'enveloppe du générateur. Nous ferons d'autre part remarquer que les tubes tous droits, étant tenus seulement à une de leurs extrémités, se dilatent librement, il n'y a donc jamais à craindre de fuites.

On a pu constater, aux essais prolongés qui ont eu lieu, que la puissance de vaporisation de ce système de générateur est très grande et sa mise en pression très rapide, en même temps que la stabilité du niveau d'eau absolue; c'est là une des caractéristiques de cette chaudière et ce résultat se comprend facilement puisque toute la masse d'eau contenue dans le collecteur intérieur est à l'abri de toute perturbation. Un générateur de $5^{m^2},50$ de surface de chauffe et 20 décimètres carrés de grille, pesant environ 500 kilogrammes, en ordre de marche, donne 55 kilogrammes de vapeur absolument sèche à l'heure et par mètre carré avec un rendement de 7 kg. 25 de vapeur par kilogramme de coke pour une combustion de 200 kilogrammes de coke par mètre carré de grille. Une grande légèreté n'exclue pas une

grande rusticité et le fonctionnement peut s'assurer facilement, à condition toutefois de veiller avec soin à l'alimentation comme dans les appareils évaporatoires analogues.

Le chauffage peut être opéré indifféremment soit à la houille soit aux huiles lourdes de pétrole, et M. Turgan a réalisé une disposition qui permet de brûler des huiles de schiste françaises, de façon à éviter les droits considérables et prohibitifs qui s'opposent, en France, à l'usage du combustible liquide dont les avantages sont cependant incontestables dans bien des cas.

CHAUDIÈRE A TUBES RAYONNANTS DE DION ET BOUTON. — Ce modèle est bien connu, par suite des applications qui en ont été faites par ses constructeurs à l'automobilisme, et il est réellement très remarquable par sa puissance, relativement à son poids et à son volume. Nous en donnerons donc la description. d'après un article de M. Gérard Lavergne dans la *Revue Industrielle*.

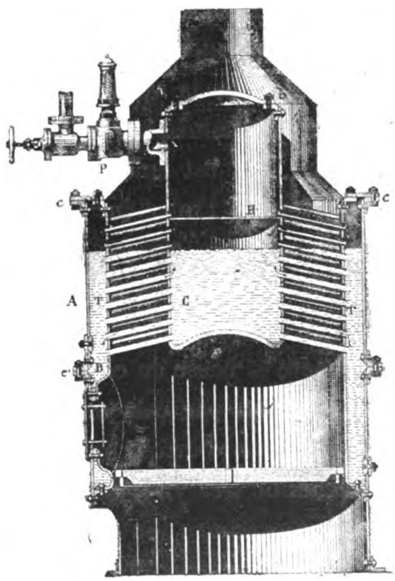


Fig. 12.— Chaudière de Dion, Bouton et Trépardoux

La chaudière de Dion et Bouton se compose (fig. 12) de deux cylindres concentriques, à section annulaire, reliés par des tubes en acier *a*, de petit diamètre, légèrement inclinés vers l'extérieur. La longueur des tubes ne dépasse pas vingt fois leur diamètre, afin d'éviter la formation de ces poches de vapeur qu'on redoute dans beaucoup de chaudières multitubulaires. Ces deux cylindres, dont la hauteur verticale est à peu près la même, mais dont les bases ne sont pas au

même niveau, forment, le premier, l'enveloppe extérieure du foyer, le second, celle d'un tube central *b*, qui forme réservoir de combustibles lorsque par l'orifice supérieur, que forme le couvercle *c*, on l'a rempli de coke. Ce mode de chargement, par masses relativement considérables, permet de ne s'occuper qu'à d'assez longs intervalles de l'alimentation du foyer.

Les gaz de la combustion s'élèvent à travers les intervalles laissés par les tubes *a*; et, comme ces intervalles sont étroits, et tourmentés par suite de la disposition en chicane des tubes, les gaz sont bien dépouillés de leur calorique. Quand ils arrivent dans la boîte à fumée, située à la partie supérieure de la chaudière, ils n'ont pas une température de plus de 250 à 300°. De cette boîte à fumée, ils s'échappent par la cheminée, ordinairement recourbée pour déboucher en arrière de la voiture. Comme les gaz qui en sortent peuvent constituer une gêne pour visiter et surtout réparer le moteur pendant les arrêts, lorsque la voiture a un toit, ainsi que cela a lieu avec l'omnibus, la cheminée monte directement au-dessus de ce toit.

L'eau, qui est amenée à la chaudière par l'intermédiaire de la pompe ou de l'injecteur Giffard, dont elle est toujours munie, est maintenue à un niveau, situé au-dessous d'un diaphragme, placé lui-même au-dessous des deux rangées supérieures des tubes, de manière à interrompre toute communication directe entre les parties haute et basse du corps cylindrique intérieur. Le liquide remplit les tubes, et, par cela même, est divisé en faibles masses, léchées sur tout leur pourtour par les flammes et les gaz de la combustion ; il s'échauffe très vite, et cela a un double avantage : 1° chaque tube est ainsi parcouru, du cylindre extérieur au cylindre intérieur, par un courant intense, dont la rapidité est un obstacle à l'incrustation ; 2° le pouvoir vaporisateur de la chaudière est très grand.

La vapeur, rapidement formée, entraîne une certaine quantité de liquide, dont il y a intérêt à la débarrasser. Elle se sèche en traver-

sant les deux rangées supérieures de tubes, qui débouchent comme nous l'avons dit, au-dessus du diaphragme, et les conduites placées dans la boîte à fumée. Parfois même, dans certaines chaudières, comme celle que représente la figure 13, dont sont munis l'omnibus et le tracteur présentés par MM. de Dion et Bouton au concours des Poids Lourds, entre ces conduites et la prise de vapeur est intercalé un serpentin en acier *s*, qui entoure le foyer et où la vapeur se dessèche complètement et même se surchauffe.

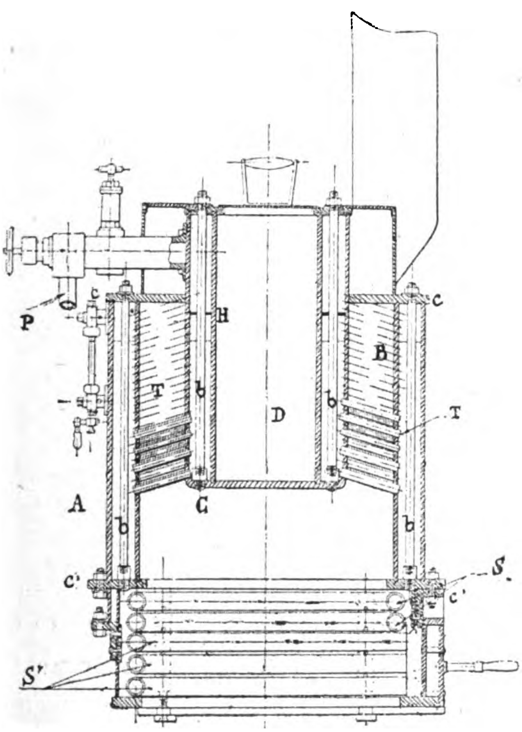


Fig. 13. — Chaudière de Dion et Bouton avec surchauffeurs.

Le serpentin *s'*, que l'on voit au-dessous du précédent est destiné à surchauffer la vapeur de l'échappement; de la sorte cette vapeur, qui est encore réchauffée par son mélange avec les gaz chauds de la

combustion, qu'elle rencontre dans la cheminée, devient presque invisible à sa sortie dans l'atmosphère.

Naturellement, la chaudière est munie d'une soupape de sûreté, d'un manomètre, d'un niveau d'eau, de robinets de jauge et de vidange. Deux portes permettent de décrasser le foyer et de vider le cendrier.

Les chaudières de Dion-Bouton peuvent être construites pour des forces variant de 2 1/2 à plusieurs centaines de chevaux. Pour les applications à la locomotion automobile, on les fait de 5 à 35 chevaux et on les timbre à 14 kilogrammes; dans ces conditions, elles n'ont guère que 1 mètre de hauteur et 0,70 de diamètre. Voici les chiffres qui se rapportent au modèle employé pour l'omnibus à 16 places avec moteur de 25 chevaux, et au tracteur de la Pauline à 40 places, avec moteur de 35 chevaux qui ont pris part au concours des Poids Lourds en 1897.

Surface de grille	0,18 m^2
Nombre de tubes	500
Surface de chauffe	5,60 m^2
Surface des surchauffeurs	0,50
Poids à vide	400 kg.
— de l'eau	60
— du coke	20
— en ordre de marche	480
Eau vaporisée à 14 kg. de pression par kilog. de coke.	6
— — en une heure	350
Temps nécessaire pour la mise en pression	30 min.

On peut donc affirmer que la chaudière de Dion et Bouton constitue un générateur très puissant comme vaporisation et doué d'une grande élasticité; mais elle exige, en revanche, une surveillance constante et assidue, vu sa capacité restreinte et l'active circulation qui se produit dans les tubes.

Chaudière Ravel. — Ce système, dont le brevet date de l'année 1868, ne présente plus qu'un intérêt purement historique, cependant

nous le mentionnerons en passant, car il présente la particularité d'être chauffé au pétrole, auquel on tend à revenir dans certains types récents.

Un serpentin, à spires jointives, était placé à l'intérieur d'une enveloppe cylindrique, terminée à sa partie supérieure par une demi-sphère. Les gaz brûlés montaient au centre du serpentin pour redescendre entre lui et l'enveloppe, et se rendre ensuite à la cheminée. L'eau, arrivant à la partie supérieure, redescendait pour entrer dans le serpentin par le bas et en ressortait par le haut. La vapeur se rendait dans une grande chambre, formée par une enveloppe cylindrique annulaire que remplissaient les gaz chauds; elle s'y surchauffait légèrement, tout en restant à basse pression. C'était, en somme, une chaudière à vaporisation rapide, avec une assez grande quantité d'eau et une réserve importante de vapeur; elle devait être munie du niveau d'eau et des autres appareils de sécurité.

Chaudières Serpollet. — La chaudière Ravel est un intermédiaire entre les chaudières multitubulaires précédemment décrites et le type Serpollet, qui en est très différent, et dont le principe est justifié par une pratique déjà longue et dont nous rappellerons seulement

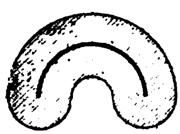


Fig. 14.—Coupe transversale d'un tube Serpollet.

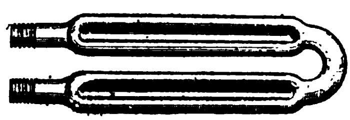


Fig. 15. — Elément de chaudière Serpollet.

les avantages principaux, qui sont : 1° suppression de tout danger d'explosion, la capacité intérieure de la chaudière étant négligeable (1 litre pour 25 chevaux), et, par suite, suppression complète de tous appareils de sûreté : tubes de niveau, soupapes, robinets de jauge, etc.; 2° élasticité considérable de fonctionnement, par suite de la propor-

tionnalité presque instantanément obtenue entre la quantité d'eau injectée et la force développée. Ainsi, la pression de la vapeur pourrait être portée jusqu'à 94 atmosphères, chiffre du timbre de la chaudière qui est essayée à 100 atmosphères, si la résistance du moteur ne venait pas s'opposer beaucoup plus tôt à cette augmentation de pression. En pratique, le ressort de la soupape régulatrice est d'ailleurs réglé de façon que la pression de la vapeur ne puisse dépasser 20 kilogrammes par centimètre carré. Enfin, le système Serpollet, en outre de son élasticité, présente l'avantage de supprimer complètement ou tout au moins de rendre absolument invisible la vapeur d'échappement par suite de la surchauffe.

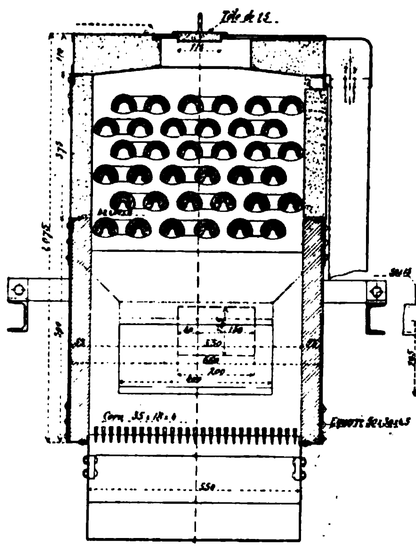


Fig. 16. — Coupe transversale d'une chaudière Serpollet de 3 mq (Echelle de 1/20).

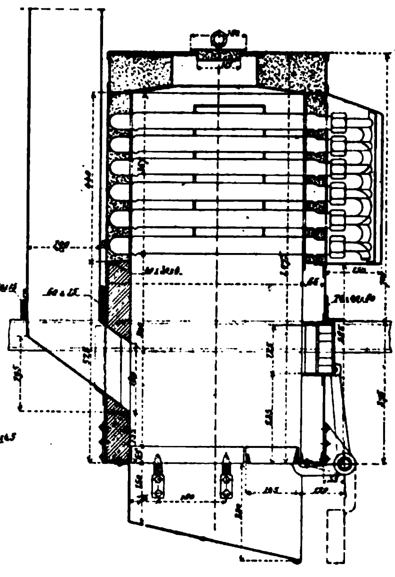


Fig. 17. — Elévation (Coupe).

Ces qualités du générateur Serpollet le rendent donc précieux pour les automobiles routières, et c'est pourquoi l'inventeur s'est efforcé d'en perfectionner constamment les détails pour lui permettre d'entrer en lutte avec le moteur à pétrole qui paraît plus commode et

moins compliqué. L'examen des derniers modèles de voitures exposées au Salon de l'Automobile laisse à penser que M. Serpollet est parvenu à la solution complète du problème, et a réalisé un ensemble mécanique faisant disparaître les inconvénients du moteur à vapeur pour la locomotion sur routes. Ces nouveaux modèles comportent, en effet, des générateurs extra-légers d'un nouveau genre, dont le chauffage s'obtient par des brûleurs de pétrole donnant une flamme proportionnelle à la quantité d'eau à vaporiser. Ces brûleurs peuvent fonctionner avec une pression variant de 50 grammes à 3 kilogrammes, équilibrant ainsi instantanément l'effort du moteur aux résistances de la route. Ce résultat est obtenu par une ingénieuse disposition des pompes, dont les débits d'eau et de pétrole sont maintenus dans un rapport constant, c'est-à-dire que la quantité de pétrole fournie au brûleur est toujours l'équivalent de la quantité d'eau fournie au générateur.

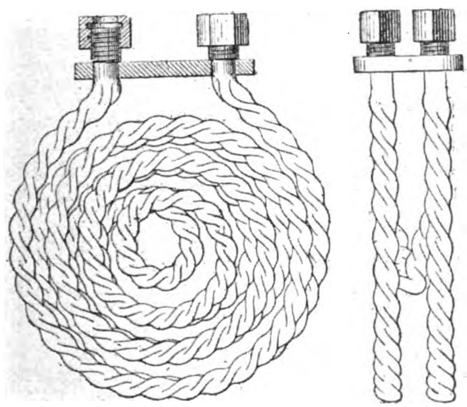


Fig. 18 et 19. — Nouveaux tubes Serpollet.



Fig. 20. — Section d'un tube Serpollet.

A l'arrêt, le brûleur se place automatiquement en veilleuse, et l'alimentation du générateur cesse, les pompes ne fonctionnant plus.

Dès la mise en route, les pompes agissent, et si le conducteur désire augmenter la production de vapeur ou la réduire, suivant les ré-

sistances de la route, il fait varier le débit des pompes et obtient ainsi, à chaque instant, la puissance nécessaire.

Si l'on ajoute à ces grands avantages que le moteur qui actionne les voitures est d'un système tout à fait nouveau (dans lequel on a supprimé les tiroirs, presse-étoupes, etc.), qui n'exige aucun soin pour le graissage, et dont tous les organes sont à l'abri des poussières, on pourra se rendre compte des avantages que présente ce nouveau type de voiture.

L'approvisionnement en eau et en combustible que peuvent porter ces voitures permet de faire un assez long parcours, attendu que la vapeur s'échappant des cylindres va dans un condenseur, d'où elle fait retour au réservoir d'alimentation. On peut ainsi faire des parcours de plus de 100 kilomètres, sans avoir à se préoccuper de l'approvisionnement d'eau. La provision de pétrole suffit à un parcours de 200 kilomètres.

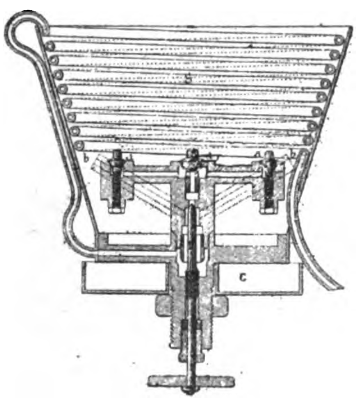


Fig. 21
Premier brûleur à pétrole (type Longuemare). employé par M. Serpollet.

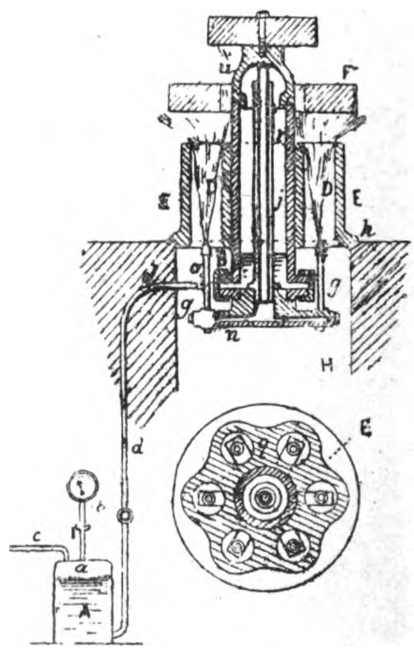


Fig. 22. — Nouveau brûleur automatique.

La figure 22 représente en coupe les nouveaux brûleurs à pétrole

Serpollet. Dans ce système, l'essence (ou le pétrole lourd) enfermé dans le récipient A, est soumis à l'action de l'air comprimé arrivant par la conduite *c*, et dont la pression est indiquée par le manomètre *b*. Le pétrole monte par la tuyauterie *d*, pourvue d'un robinet de réglage *e*, jusqu'à la partie inférieure du brûleur.

La partie centrale B de ce brûleur, fait office de vaporisateur; le pétrole y afflue par le conduit *f*, jusqu'à un niveau variable *z*, puis s'y vaporise rapidement. Sur le corps C du brûleur est vissée une pièce *h* supportant le tube central *f*, entouré de la gaine *i*, le tube conduit les vapeurs de pétrole jusqu'à l'espace *w*, et de là aux conduits rayonnants *n* et aux petits brûleurs *o*. Le jet s'échappe par l'orifice *p* et brûle dans l'axe des chambres D avec admission d'air tout autour, ce qui fait de chacune de ces chambres, évidées dans le corps du brûleur, autant de brûleurs Bunsen très puissants. Les plaques FF qui se trouvent à la partie supérieure servent de réflecteur et épanouissent les flammes au sortir du brûleur. L'air extérieur influe par le conduit inférieur H au-dessus duquel est fixé d'une façon quelconque le corps du brûleur E.

Ce dispositif, combiné avec le réglage des pompes à pétrole et à eau donne un moyen de chauffage que la pratique a montré très avantageux et supérieur même au charbon pour l'application aux véhicules automobiles.

Générateur Montier et Gillet. — De même que le précédent, ce générateur a été combiné spécialement pour la locomotion, et son originalité réside dans la disposition bi-tubulaire à retour de flammes qui lui a été donnée par ses inventeurs.

A l'avant du véhicule actionné par ce système, se trouve un coffre en tôle d'assez grande dimension et qui contient l'ensemble du mécanisme. Le moteur avec ses transmissions est placé sous le châssis. Voici maintenant la description de la chaudière.

Le générateur se compose, de même que dans toute chaudière aquatubulaire, d'une série d'éléments vaporisateurs accouplés en nombre voulu suivant la puissance de vaporisation à obtenir. Chaque élément se compose : 1° d'un gros tube d'acier A (fig. 23), que traverse intérieurement un second tube d'acier concentrique B; entre ces deux tubes existe un espace C suffisant pour le passage de l'eau et le dégagement de la vapeur. 2° D'une boîte jumelle de liaison L, en fonte malléable, servant à relier deux à deux en série les divers éléments du générateur. Cette boîte est emmanchée sur le tube extérieur par un joint conique, et sur le tube intérieur par l'intermédiaire d'une bague en cuivre rouge F, avec écrous de serrage G. Enfin, 3° de deux plaques tubulaires en fer H, percées de trous disposés en quinconces, où viennent s'ajuster exactement les tubes A.

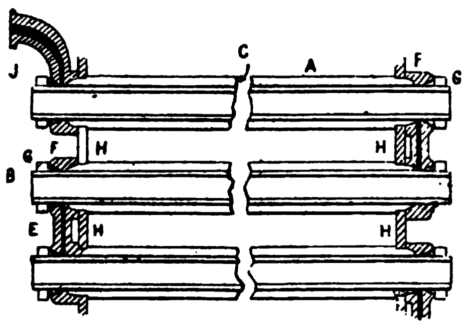


Fig. 23. — Générateur Montier et Gillet.

Un raccord à bride J, fixé à la partie supérieure du faisceau, sert à l'entrée de l'eau et au dégagement de la vapeur : cette pièce est en fonte malléable.

Le faisceau tubulaire, monté sur les deux plaques H, est disposé au-dessus d'un foyer spécial, à chauffe quelconque, au coke, par exemple, et est surmonté de plusieurs tubes collecteurs et sécheurs de vapeur D : ces tubes, à parois très résistantes, sont en nombre

variable suivant la force du générateur; ils communiquent ensemble par des tubes vissés dans leur épaisseur.

Les flammes s'élevant de la chauffe viennent lécher toute la série d'éléments de bas en haut, puis passent au-dessus des collecteurs D (fig. 24), redescendent par l'espace A pour traverser les éléments, à travers les tubes intérieurs *b* pour ressortir à l'avant de la chaudière, et s'échapper finalement par la cheminée C. On obtient ainsi, à ce qu'affirment les inventeurs, le maximum d'utilisation du calorique.

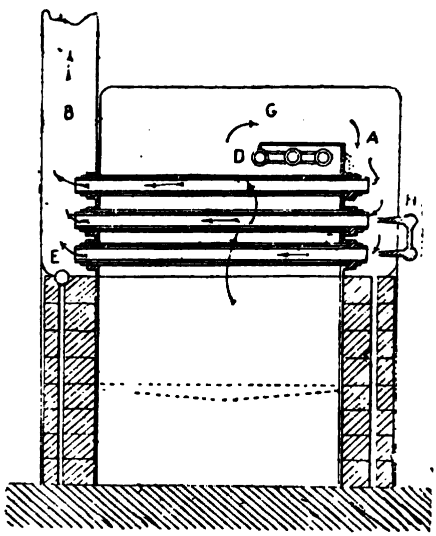


Fig. 24

L'eau est injectée dans chaque série horizontale d'éléments par un conduit correspondant avec le tube le plus rapproché du centre du foyer; la vaporisation est très active, chaque élément étant chauffé à la fois extérieurement et intérieurement. Quant à l'espace, séparant les tubes A et B où s'opère la vaporisation il peut être réduit à quelques millimètres seulement dans les générateurs à vaporisation rapide; en augmentant cet espace, on peut ralentir à volonté la production de la vapeur.

Ainsi que nous le disions plus haut, le principe sur lequel est basé la construction de ce système est assez ingénieux, la vaporisation de l'eau circulant entre des parois chauffées intérieurement et extérieuement, se trouvant notablement activée, ce qui présente dans certains cas une incontestable utilité. Dans la pratique, ce dispositif a, paraît-il, donné des résultats satisfaisants.

Générateur Mac-Intyre. — Cette chaudière (fig. 25) se compose d'un gros corps cylindrique supérieur A, contenant de l'eau à mi-hauteur et de la vapeur, et de deux corps cylindriques plus petits B et B_1 laissant entre eux un écartement suffisant pour la grille du foyer. Les corps cylindriques B et B_1 sont reliés au réservoir A, d'une part par les tubes droits C, d'autre part par des faisceaux de tubes D;

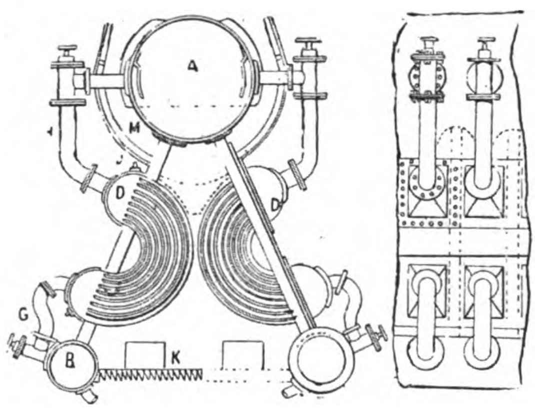


Fig. 25. — Générateur système Mac-Intyre

quelques tubes E mettent aussi B et B_1 en communication directe. Les faisceaux D sont composés de tubes semi-circulaires L, mandrinés dans une plaque tubulaire; une calotte sphérique F est boulonnée au-dessus de chaque plaque tubulaire, laissant ainsi une capacité intérieure reliée aux tubes B par des conduits G et une capacité supérieure reliée au corps principal A par des conduits H, avec interposition de soupapes d'arrêt I pour permettre d'isoler, pour visite, nettoyage ou réparation, l'une quelconque des plaques tubulaires.

Les faisceaux tels que D,D, peuvent être en nombre variable suivant la force motrice requise : toutes les pièces en sont exactement interchangeables et une ou plusieurs peuvent être enlevées ou changées à n'importe quel moment, en isolant le groupe intéressé.

Les flammes s'élevant du foyer K traversent les faisceaux tubulaires

et les gaz chauds viennent entourer le corps principal A avant de s'échapper par la cheminée.

Quant à l'eau, elle descend du corps cylindrique A par les tubes C, passe dans les corps B ou B_1 et remonte à travers les faisceaux D où elle se vaporise pour remonter à la partie supérieure du réservoir A, qui forme chambre de vapeur. C'est une nouvelle disposition de chaudière aquatubulaire qui paraît ingénieuse.

Chaudière Du Temple. — Ce générateur est caractérisé par la circulation automatique et rapide de toute l'eau qu'il contient dans un faisceau composé de tubes de faible diamètre exposés au feu (une chaudière Serpollet en grand).

Cette circulation active :

1° Permet à l'eau de s'échauffer promptement et à la vapeur de se dégager rapidement.

2° Rafraîchit d'une manière continue les surfaces exposées à l'action du feu, ce qui leur assure une longue durée.

3° Augmente dans une grande proportion la puissance vaporisatrice de la chaudière.

Le faisceau tubulaire, seul exposé au feu, est composé d'éléments en acier, étirés à froid sans soudure et éprouvés au préalable à une pression de 150 atmosphères. L'un d'entre eux vient-il à céder que l'accident ne produit qu'une extinction partielle des feux sans aucun danger pour le personnel employé à la chauffe, ce qui n'a malheureusement pas lieu avec les autres modèles en usage dans la marine de guerre. En quelques minutes, grâce au joint métallique qui assemble chaque tube aux collecteurs, le premier ouvrier venu peut remplacer le tube fissuré, brûlé ou qui s'est ouvert.

Dans le type de chaudière Du Temple-Guyot, chauffé au pétrole et à retour de flammes, les gaz chauds produits sous une voûte de tubes jointifs, ne trouvent une issue qu'à l'extrémité du faisceau

tubulaire opposé à la porte du foyer. Ils reviennent à la cheminée placée au-dessus de celle-ci en traversant tout le faisceau tubulaire perpendiculairement à l'axe des tubes. Dans le type de générateur représenté par la figure 26, la disposition du faisceau tubulaire est

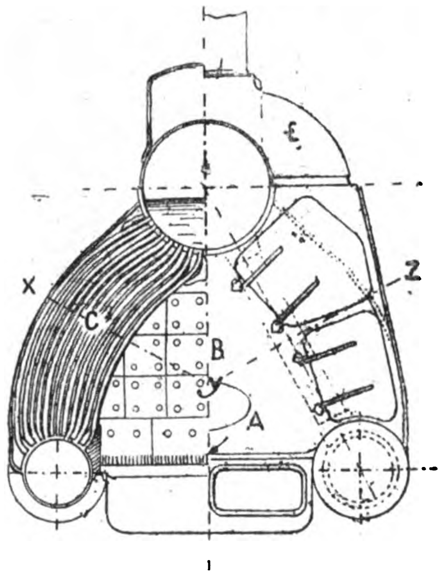


Fig. 26. — Chaudière de Du Temple-Guyot.

la même : la grille est supprimée et remplacée par une tôle réfractaire. Un avant-foyer avec pulvérisateur est disposé en avant de la chaudière. La conduite de la chauffe s'opère alors par la simple manœuvre de robinet ; le vase clos et le tirage forcé sont inutiles.

Générateur Davies. — Ce générateur, qui est chauffé aux huiles lourdes de pétrole, est d'une conception assez originale. L'eau arrive par le tube inférieur d^1 (fig. 27) dans un récipient conique d, où elle est exposée au rayonnement des brûleurs h et h^1 ; la vapeur formée s'élève à travers les tubes e e dans le réservoir supérieur c faisant office de dôme de vapeur. L'huile combustible est enfermée

en *b* dans un réservoir annulaire fermé par les parois *a a*[1] ; elle descend par les conduits *h* jusqu'aux brûleurs. Les flammes viennent

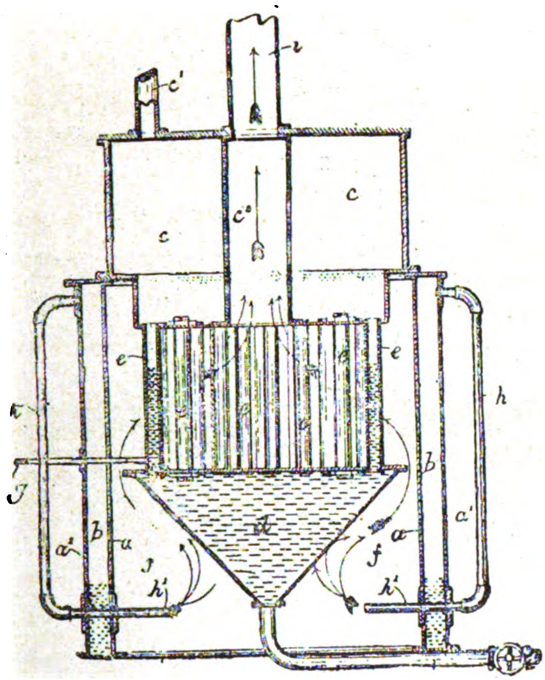


Fig. 27. — Générateur Davies.

lécher le récipient conique *d* puis s'élèvent en circulant tout autour du faisceau tubulaire *e e* ; finalement, les produits de la combustion s'échappent par le conduit c^2 et la cheminée *i*.

Générateurs a vaporisation instantanée. — La première idée de ce genre de générateurs est bien antérieure, rappelons-le aux premiers travaux de M. Serpollet, car elle date de 1855 et est due à M. Boutigny, bien connu par ses travaux sur l'état sphéroïdal. Ce savant fit connaître, en effet, dès cette époque, une chaudière sans eau, où l'on projetait directement le liquide à vaporiser sur des surfaces préalablement

portées à une très haute température. Après lui, M. Testud de Beauregard obtient la vaporisation instantanée en amenant l'eau en quantité convenable à la surface d'un bain d'étain en fusion. Ensuite, M. Isoard établit la chaudière représentée figure 28, et qui se composait d'un serpentin cylindrique, disposé dans un foyer, et à l'intérieur duquel circulait l'eau à vaporiser.

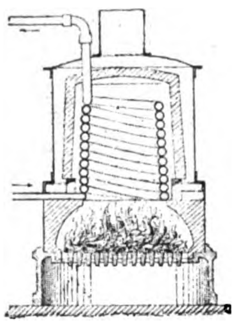


Fig. 28.— Chaudière Isoard.

Les gaz du foyer chauffaient d'abord la surface intérieure du serpentin, puis redescendaient à l'extérieur avant de s'échapper par la cheminée. Malgré sa simplicité, ce dispositif, de même que les précédents, n'eut qu'un succès médiocre, mais il montrait la voie à suivre pour arriver au succès définitif.

Chaudière tubulaire Durenne. — Cette chaudière a été établie pour le service des pompes d'incendie et, conséquemment, possède toutes les qualités que nécessite une bonne chaudière d'automobile.

Dans ce modèle (fig. 29, 30, et 31) les tubes bouilleurs *a* ne sont plus pendentifs, mais s'ouvrent par le haut et par le bas dans l'eau de la chaudière; ils sont en cuivre rouge étiré et ont reçu une courbure qui a pour double fonction : 1° de favoriser les dilatations; 2° de former des chicanes qui empêchent le passage direct des gaz de la combustion dans la cheminée. La chaudière comporte en outre quelques détails intéressants : le foyer est en tôle de fer soudée et la calandre en tôle d'acier également soudée ; de plus, l'enveloppe extérieure B s'assemble par boulons au foyer, dans le bas, au moyen d'une double cornière *b* ; dans le haut, sur une collerette *c*, rivée à la cheminée, de sorte qu'il suffit de défaire deux joints pour sortir le foyer, lors des nettoyages. La prise de vapeur s'effectue dans un manchon percé de trous *dd*, rivé autour de la cheminée et dans lequel la vapeur se sèche au contact de la paroi chaude.

La chaudière Durenne peut, avec tirage forcé, donner 40 et même 50 kilogrammes de vapeur par heure et par mètre carré de surface de chauffe.

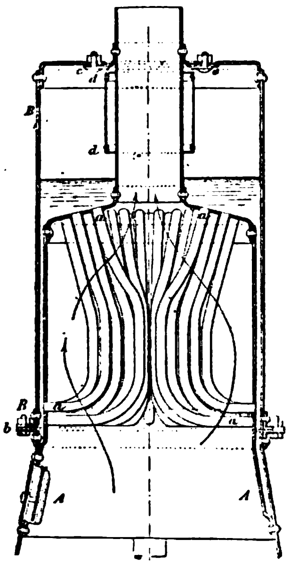
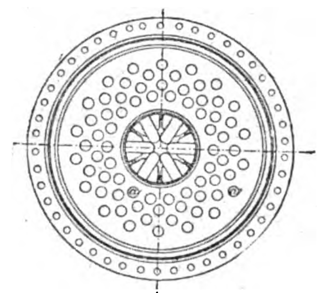


Fig. 29. — Chaudière Durenne.

Fig. 30. — Coupe horizontale au-dessus du faisceau.



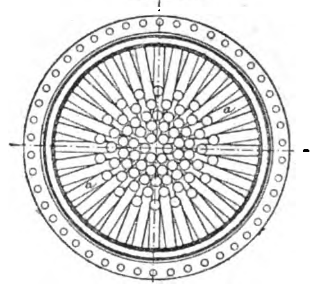


Fig. 31. — Coupe horizontale par le faisceau.

Chaudière Westinghouse. — Ce générateur est employé par la Compagnie Westinghouse sur ses locomotives routières, dont un spécimen figura à l'exposition de Chicago.

Elle ne diffère de la chaudière Rowan, qu'en ce que ces tubes sont de même diamètre et disposés horizontalement, au lieu d'être inclinés. En outre, une enveloppe en tôle galvanisée est ménagée autour de la chaudière ; les gaz de la combustion n'y circulent pas, mais ils peuvent s'y répandre et empêcher les déperditions de chaleur. Le courant gazeux, au lieu de passer directement dans la cheminée, est rabattu par une série de chicanes; la cheminée, du reste, est presque supprimée

et remplacée par un simple cône en tôle qui prolonge l'enveloppe ; le tirage est effectué par l'échappement D qui accompagne toujours la chaudière. Un écran conique E, muni d'une poignée, s'enlève pour l'allumage, afin de permettre à ce moment l'échappement direct des gaz dans l'atmosphère. L'alimentation est faite au moyen de l'injecteur C, dont la prise de vapeur est en B.

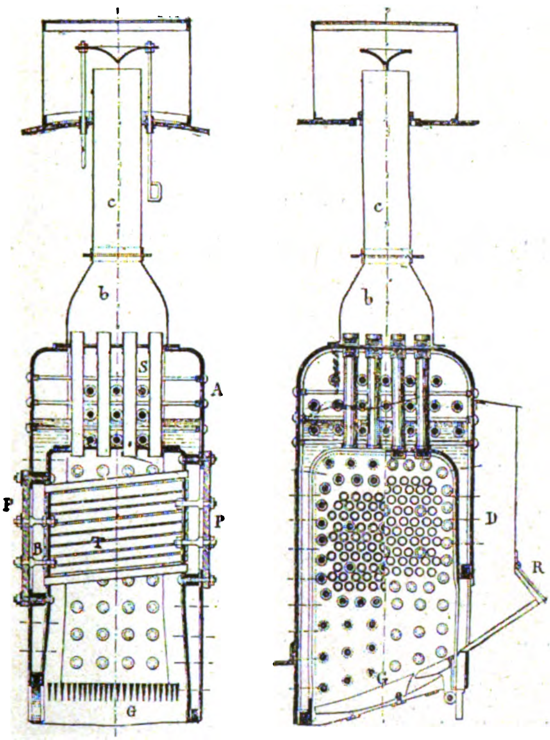
Chaudière Weidknecht — M. Weidknecht a établi, pour les omnibus automobiles qu'il construit, une chaudière verticale représentée figures 32 à 35. Le foyer B est traversé par une série de tubes T de $0^{m},030$ extérieur, disposés dans le sens de la plus grande dimension et inclinés, comme dans la chaudière Rowan, pour faciliter le dégagement des bulles de vapeur; deux plaques P, solidement fixées sur les parois extérieures par un joint à boulons et entretoisées avec les parois du foyer, permettent le nettoyage du faisceau tubulaire et le remplacement des tubes, quand il y a lieu.

Le ciel du foyer est relié à la paroi supérieure de la boîte à feu A, au moyen des tubes S, très résistants, qui, tout en formant tirants, servent au passage des gaz de la combustion. Cette disposition permet d'obtenir, mieux que dans les chaudières précédentes, une surchauffe de la vapeur produite. Le souffleur et l'échappement sont logés dans la boîte à fumée *b* que vient surmonter la cheminée *c*. La grille G est formée de deux parties : celle d'arrière est fixe, tandis que celle d'avant peut pivoter autour d'un axe horizontal au moyen d'un jeu de leviers et permet, par son abaissement, de jeter une partie du feu ; de sorte que le nettoyage de la grille peut-être fait sans qu'il soit nécessaire de jeter tout le combustible.

L'ensemble de la grille est incliné et le combustible arrive sur elle après avoir été versé dans un chargeur D, placé sur l'avant de la chaudière. Les trépidations font naturellement descendre le coke ou le charbon employé; en tout cas, un regard R, placé à la base du chargeur

permet de hâter, au besoin, la chute du combustible, tout en se rendant compte de l'état du feu.

Fig. 32 et 33. — Chaudière Weidknecht. Coupes verticales



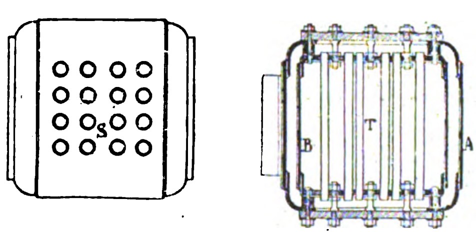


Fig. 34 et 35. — Plan et coupe

La chaudière Weidknecht est construite entièrement en tôle d'acier, sa surface de grille est de $0^{m2},274$ et sa surface de chauffe de 6 mètres

carrés. Elle est timbrée à 15 kilogrammes, mais la pression de marche est limitée à 12 kilogrammes; son poids est de 1.000 kilogrammes environ et sa puissance de vaporisation horaire atteint 40 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe.

Chaudière Nègre. — M. Nègre, constructeur à Amiens, a composé son générateur d'éléments représentés figure 36; chacun d'eux est constitué de deux tubes concentriques A et B laissant entre eux un faible espace annulaire dans lequel est logée une spirale métallique S, qui le transforme en un canal hélicoïdal, lequel est parcouru,

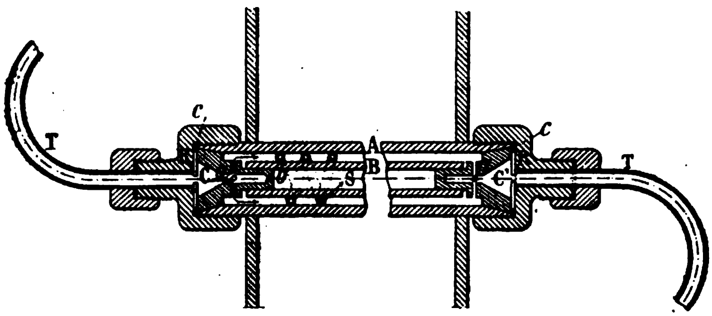


Fig. 36. — Elément de chaudière Nègre.

d'un bout à l'autre, par l'eau qu'injecte une pompe alimentaire. Les tubes intérieurs sont centrés, à chacune de leurs extrémités, au moyen de deux boulons coniques creux, C et C', disposés, le premier pour le passage de l'eau, le second pour celui de la vapeur. Ces bouchons ne diffèrent qu'en ce que, outre les orifices latéraux *a* dont ils sont l'un et l'autre percés, le bouchon C porte, au fond, un petit trou *b* qui permet l'entrée de l'eau dans le tube intérieur B; il se forme ainsi, dans chaque tube, une petite réserve de liquide qui, si l'alimentation venait à être supprimée, se vaporiserait et empêcherait les tubes A de se détériorer. Le joint, entre les bouchons C, C' et les tubes A est effectué au moyen d'une rondelle en cuivre rouge *c* serrée à bloc par le raccord R.

De même que dans la chaudière Serpollet, les raccords K sont hors du feu, et les éléments sont reliés entre eux par un tuyau en cuivre T. Les tubes A sont en acier; ils mesurent $0^m,005$ de diamètre et 4 à 5 millimètres d'épaisseur; ceux B sont en fer de 3 millimètres. La chaudière Nègre pour automobiles comporte 32 éléments semblables à celui qui vient d'être décrit; elle offre en outre un caractère tout particulier car elle est chauffée par des brûleurs alimentés au pétrole rampant.

Générateurs a vapeur pour motocycles. — Certains constructeurs se sont efforcés de réduire au minimum le poids et le volume des moteurs à vapeur afin de pouvoir les adapter à des véhicules légers à deux ou trois roues. Parmi les dispositions les plus ingénieuses qui ont été réalisées dans le cours de ces dernières années, nous devons particulièrement citer celles de M. Dalifol (bicyclette à vapeur la *Volta*), et de M. Tatin, dont la voiturette a été admirée à l'Exposition de l'Automobile de juin 1898.

Le moteur de la bicyclette à vapeur se compose d'une chaudière à vaporisation rapide, presque instantanée, que l'on chauffe au pétrole ou, avec une modification légère, au coke. Mais le chauffage au pétrole est de tous points préférable car il permet d'emmagasiner, sous un volume restreint, une quantité plus considérable de matières combustibles. Cette chaudière, qui ne comprend pas de réservoir à vapeur et ressemble, sur ce point, aux chaudières du type Serpollet, est, par là même, à l'abri de tous dangers d'explosion. De plus, son petit volume la fait échapper aux prescriptions rigoureuses qui régissent l'emploi de la vapeur sur route.

L'eau d'alimentation lui est fournie par un réservoir semi-circulaire placé au-dessus de la roue d'arrière, et dont la présence en cet endroit tient lieu de garde-crotte.

Elle est envoyée dans la chaudière au gré du cycliste, par une

pompe foulante, manœuvrée à la main au moyen d'un bras vertical dont la tête aboutit au milieu du guidon, bien à portée de la main. La vapeur produite est proportionnelle à la quantité d'eau injectée, et le motocycliste peut accélérer sa marche en multipliant les coups de pompe.

La bicyclette Volta, qui pesait 75 kilogrammes, en ordre de route, sans son conducteur, a pu marcher en palier à l'allure de 45 kilomètres à l'heure, vitesse réduite à 25 sur une rampe de 3 à 4 %. Son moteur développait alors environ deux tiers de cheval (50 kilogrammètres).

Dans la voiturette-tricycle de M. Tatin, la chaudière à vapeur est également réduite à sa plus simple expression, èt elle est chauffée au pétrole. Ce liquide, contenu dans un réservoir, est refoulé par la pression produite par une pompe à air, et se rend par un tuyau jusqu'au serpentin vaporisateur au-dessous duquel il brûle, après s'être mélangé à l'air en proportion convenable, dans un certain nombre de becs Bunsen à pétrole.

La caisse du véhicule contient un approvisionnement de 60 litres d'eau, suffisant pour un parcours de 60 kilomètres sur routes moyennes. L'eau d'alimentation est refoulée par une pompe spéciale jusqu'au serpentin générateur ; mais on peut se servir de l'alimentation même pour régler l'allure du moteur. L'eau arrive, en effet, en quantité constante dans un godet où puise la pompe alimentaire : si le moteur tourne trop vite, l'eau s'épuise dans le godet, l'alimentation diminue et par suite la production de vapeur et l'allure du moteur, d'où le réglage.

Tels sont les principaux systèmes de générateurs à vaporisation rapide, créés et expérimentés dans ces derniers temps; ils démontrent le souci des constructeurs d'alléger autant que possible ces appareils pour leur permettre de lutter avec chance de succès contre leurs nouveaux et redoutables concurrents, le pétrole et l'électricité.

CHAPITRE II

LES NOUVEAUX MOTEURS A VAPEUR A PISTONS

ORGANES DE DISTRIBUTION DES MOTEURS.
DESCRIPTION DES MOTEURS DE WESTINGHOUSE, WILLANS,
SALOMON ET TENTING, JACOMY, BROTHERHOOD, DE DION ET BOUTON,
SERPOLLET, WEIDKNECHT. — MOTEUR NÈGRE.

Lorsqu'on a calculé les dimensions d'un cylindre de moteur à vapeur en vue d'un travail donné et d'un certain degré de détente, il reste à établir le mode de distribution de la vapeur, de façon à ce que cette vapeur effectue le cycle que l'on s'est proposé de réaliser. Longtemps on a fait usage de robinets et de soupapes, que des mécanismes appropriés ouvraient et fermaient à intervalles calculés, mais ces mécanismes étant relativement compliqués, on leur a préféré, surtout pour les puissances jusqu'à 50 ou 60 chevaux, faire usage du tiroir dit à *coquille,* dont le simple déplacement suffit pour effectuer toutes les phases du cycle et la détente.

Nous rappellerons en quelques mots le fonctionnement du tiroir ordinaire, qui est la pièce essentielle de tout moteur à vapeur. Il consiste, comme on le sait, en une plaque métallique dressée et polie, recouverte d'un *chapeau* et glissant sur une autre plaque venue de fonte avec le cylindre et communiquant avec ses extrémités par deux conduits percés dans la masse du métal. Un troisième conduit débouche à l'air libre ou est mis en rapport avec le condenseur par un tuyau. La plaque en fonte dressée ou *glace* est recouverte d'une

boite à vapeur mise en communication avec la chaudière. Dans quelque position qu'il se trouve, le tiroir doit donc intercepter la communication entre la chaudière et le conduit central servant à l'échappement. Tour à tour, il démasquera par son mouvement l'un des conduits *a* et *b* (fig. 37 et 38), admettant ainsi alternativement la

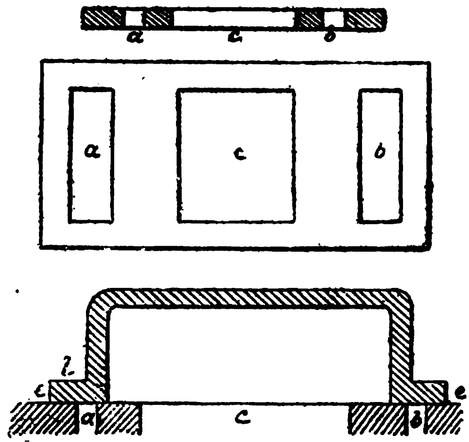


Fig. 37. — Tiroir à coquille sans recouvrements.

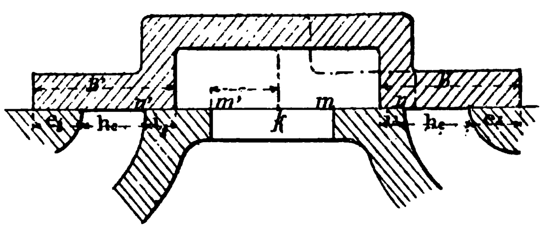


Fig. 38. — Tiroir à recouvrements extérieurs.

vapeur sur chacune des faces du piston. Les dimensions du tiroir doivent être calculées de telle façon qu'en admettant la vapeur par la lumière *a*, la lumière *b* communiquant avec l'autre côté du piston, sera mise en rapport avec l'intérieur du tiroir, et la vapeur pourra s'échapper par le conduit *c* (fig. 37).

Pour obtenir un degré de détente fixé d'avance, on munit le tiroir

de rebords intérieurs et extérieurs, appelés *recouvrements* et qui dépassent les prêtes des lumières. Sans ces recouvrements, la détente serait impossible, car, dès que le tiroir fermerait une des lumières, il mettrait forcément cette lumière en communication avec l'intérieur du tiroir, c'est-à-dire avec l'orifice d'échappement. S'il n'y avait pas de recouvrements, il faudrait, pour que l'admission commence au début de la course du piston, que le tiroir se trouve au point mort à cet instant et que le rayon d'excentricité de l'excentrique soit à 90° avec la direction de la manivelle du moteur. A cause du recouvrement e, il convient de caler l'excentrique de façon à ce que son rayon fasse un angle plus grand que 90° avec la manivelle. En appelant δ ce décalage, l'angle entre la manivelle et le rayon de l'excentrique sera de $90^\circ - \delta$.

Pour pouvoir déterminer ensuite les dimensions d'un tiroir, il faut connaître avant tout la position qu'il prend par rapport à sa position moyenne pour les diverses positions du piston avec un excentrique de rayon donné. C'est ce que le diagramme de Zeuner permet de déterminer avec précision, bien que ces épures, dont l'usage est fréquent et commode, se prêtent mal aux corrections subséquentes relatives à l'obliquité des bielles.

Mais notre but n'est pas de donner ici ces procédés de calcul, et nous arriverons immédiatement à la description des moteurs légers à pistons créés dans le cours de ces dernières années, et qui présentent des particularités intéressantes.

Moteur compound Salomon et Tenting. — Le piston est percé dans sa masse de deux conduits correspondant avec la boîte de vapeur et débouchant chacun d'un côté du cylindre ; la distribution s'opère par un mouvement de déplacement latéral du piston combiné avec son mouvement longitudinal ordinaire. Ce mouvement latéral fait communiquer chacune de ses faces soit avec l'admission de vapeur, soit

avec l'échappement. Le mouvement alternatif est transmis ensuite à l'arbre par une coulisse et une bielle articulée.

Le piston est évidé en son milieu et sur une grande partie de sa longueur pour ménager la place des organes de transmission. Il présente, en outre, une échancrure pour le passage de l'arbre moteur. Un excentrique tournant avec l'arbre dans cette échancrure, provoque le mouvement de déplacement latéral qui est le principe même de la distribution.

On voit que cette disposition, par suite de la suppression du tiroir, permet de donner au piston une longueur de course ordinaire et aux organes de transmission, les dimensions indiquées pour un fonctionnement normal.

Malgré ses qualités, le moteur Salomon et Tenting n'a pu lutter contre les machines à longue détente ou à grande vitesse, en raison de sa consommation de vapeur qui était en moyenne de 20 à 25 kilogrammes par cheval-vapeur et par heure.

Moteur a trois cylindres de Brotherhood. — C'est une machine à grande vitesse, dont la figure 39 montre l'aspect extérieur et les figures 40, 41 et 42 le mécanisme intérieur vu en coupe. Dans ce système, les cylindres sont au nombre de trois disposés à 120° l'un de l'autre, et en communication avec une chambre centrale. Les tiges des pistons servent de bielles et sont attachées toutes trois sur le bouton de manivelle dont l'extrémité est fixée sur un disque servant de tiroir. Les ouvertures d'introduction et d'échappement sont, par suite de ce mouvement de rotation, mises successivement en communication avec les conduits de vapeur de chacun des cylindres.

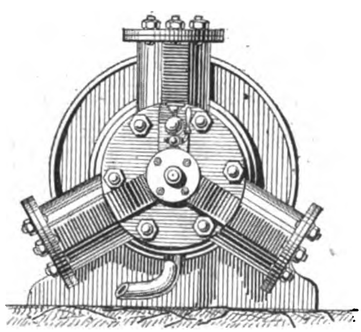
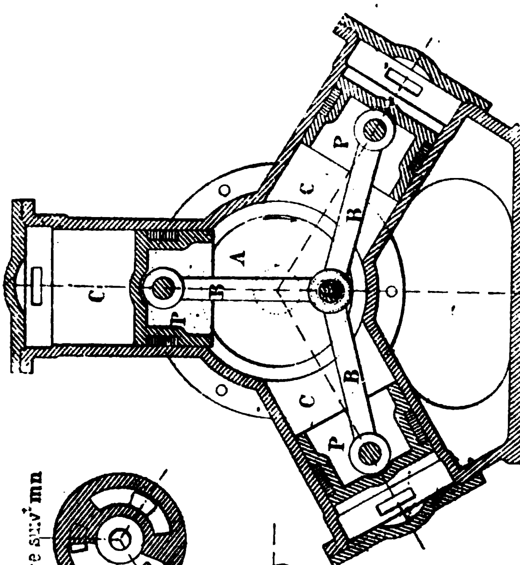


Fig. 39. — Machine Brotherhood.

Lorsque l'ensemble est bien équilibré, la vitesse peut être portée à 2.000 tours par minute, et la consommation de vapeur moyenne par



Moteur Brotherhood. Fig. 41. — Coupe de profil.

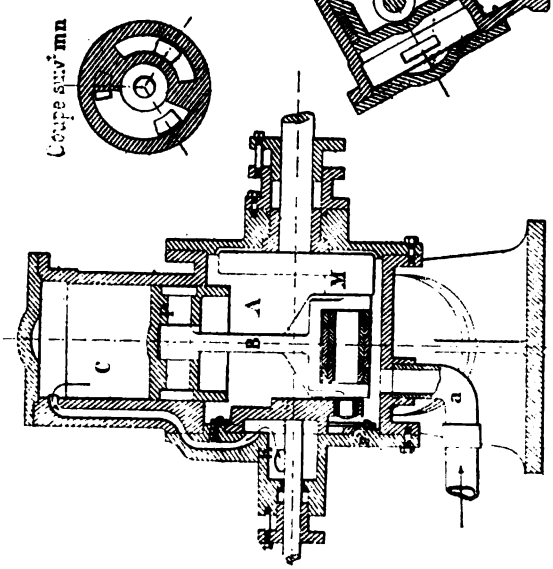


Fig. 40. — Coupe de profil.

cheval-heure est de 18 à 20 kilogrammes. Malgré ce chiffre élevé, la machine Brotherhood a reçu de nombreuses applications, en raison de

son volume restreint et de la suppression absolue de tout organe accessoire : volant, bielle, balancier, etc., qu'elle comporte.

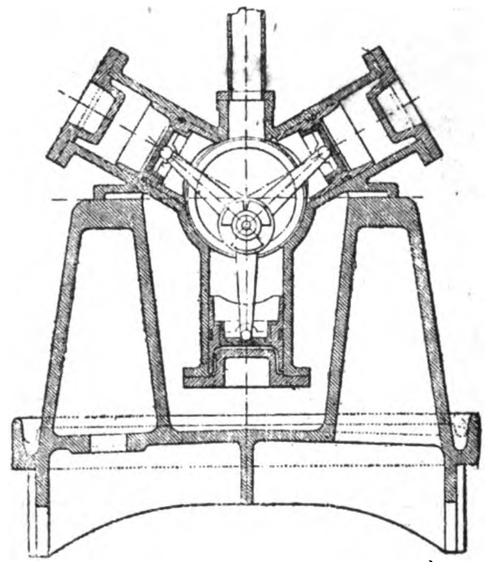


Fig. 42. — Moteur Brotherhood. Coupe verticale.

Machine West. — Cette machine, d'origine américaine était construite à Paris par M. J. Le Blanc. Son principe était assez original. Elle comportait six cylindres parallèles recevant chacun un piston

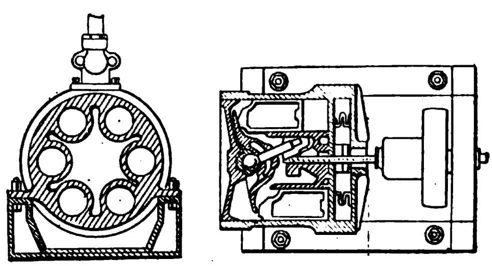


Fig. 43. — Machine West

(fig. 43). Ces pistons pressent directement, et à tour de rôle sur le pourtour d'un disque incliné tournant autour d'une rotule qui en-

traîne l'arbre à une vitesse de 1.000 tours par minute. La distribution s'opère par un tiroir rotatif. L'appareil étant entièrement fermé, est à l'abri des poussières. En raison de sa grande consommation de vapeur, la machine West est maintenant abandonnée.

Moteur Grafton. — Cette machine, construite par Cail, a donné des résultats assez satisfaisants. Un modèle avec cylindre de $0^m,170$ d'alésage dévoloppe 12 chevaux à l'allure de 800 tours par minute. Le cylindre est unique et dépourvu de fond ; deux pistons entre lesquels la vapeur est introduite, s'y déplacent simultanément. Le piston inférieur attaque la manivelle centrale par une bielle courte et robuste; le piston supérieur est muni d'une traverse et de deux bielles pendantes qui s'articulent sur les manivelles extrêmes de l'arbre. Si les manivelles étaient calées à 120°, les effets des deux pistons se contre-balanceraient et la machine ne tournerait pas (en supposant que les pistons aient la même course, ce qui n'est pas). En conséquence, le calage adopté est de 135°, angle convenable pour obtenir une bonne distribution en vue du piston inférieur, le piston supérieur servant en même temps de distributeur. Le piston inférieur a une course de $0^m,064$ et l'autre de $0^m,058$. Ce dernier marche à contre-vapeur pendant une partie de sa course et recueille à peine un quart du travail total. Pour éviter les changements de portage, il règne toujours une pression suffisante entre les deux pistons ; la compression est assez forte et ramène à fin de course la vapeur à 10 kilogrammes, qui est la pression de régime.

Machine Willans. — Cette célèbre machine, construite dans les ateliers de Thames Ditton en Angleterre, et de la *Société industrielle de moteurs*, au Havre, a été introduite en France en 1887, par M. Croizier, et elle n'a pas tardé à démontrer son immense supériorité économique sur toutes les autres machines similaires à simple

effet et à grande vitesse. Elle se construit dans toutes les forces, depuis 1 cheval jusqu'à 1.500 chevaux, et en raison de sa simplicité. nous devons la décrire dans cet ouvrage.

La machine étant à simple effet, la vapeur n'agit que sur la partie supérieure des pistons, et seulement pendant la course descendante, laquelle est uniquement d'admission et de détente, tandis que la course ascendante est uniquement de transfert et d'échappement.

Pour éviter les chocs résultant du changement du sens des efforts à chaque tour, et en raison de l'inertie des masses en mouvement, la tige du piston est prolongée en bas par un long piston creux à parois unies, appelé piston-guide, qui se meut dans un cylindre-fourreau où il comprime de l'air à une pression moyenne de 5 kilogrammes par centimètre carré. Cet air qui pénètre dans le cylindre par un orifice découvert, à bas de course du piston, forme un coussin élastique qui maintient constamment, pendant la course ascendante ou d'échappement, la poussée de haut en bas, exercée sur les parties des pièces en mouvement (Constant Thrust). Cet ingénieux dispositif assure l'indépendance de l'admission et du mode d'évacuation, en même temps qu'il permet à la machine de marcher à grande vitesse avec usure très faible.

Suivant une disposition nouvelle, les pistons moteurs sont reliés à l'arbre de couche par une paire de courtes bielles entre lesquelles se trouve l'excentrique de la bielle qui commande les distributeurs au moyen du même bouton de manivelle. On obtient ainsi des tiroirs cylindriques, de sorte qu'au moyen d'orifices d'admission et d'échappement percés dans la tige des premiers, les seconds opèrent la distribution.

Supposons que le petit piston arrive vers sa position la plus haute; alors la vapeur entre dans la tige par les orifices et pénètre dans le cylindre par les orifices que démasque la soupape.

La vapeur accomplit son travail de haute pression; le piston des-

cend pendant que le distributeur s'élève, et la soupape vient fermer peu à peu les orifices. L'admission ne serait coupée qu'aux trois quarts de la course du piston, si un peu auparavant les lumières n'avaient pas pénétré dans le premier presse-étoupes, formé d'une garniture en bronze phosphoreux à segments en fonte. Il suffit donc de modifier la position des lumières du tube central ou d'éloigner plus ou moins ces segments du cylindre pour obtenir le commencement de la détente au point voulu.

Dans la course rétrograde, les effets sont inverses, c'est-à-dire que la tige descend pendant l'ascension du distributeur. Aussi la soupape démasque-t-elle bientôt les orifices : à partir de ce moment la vapeur s'échappe dans l'intérieur du tube jusqu'à la soupape et passe par ces orifices pour se rendre dans le receveur. Si la machine se composait simplement de ces organes et que ce receveur fût en communication soit avec l'atmosphère, soit avec un condenseur, elle serait monocylindrique à simple effet. Mais dans le moteur, le receveur emmagasine la vapeur qui est ensuite renvoyée dans le cylindre au début de la course descendante suivante. Cette admission a lieu entre les distributeurs par d'autres lumières que sépare une garniture à segments étanches. Les effets précédents se renouvellent, et, dans la course rétrograde, l'échappement s'opère dans la chambre ou dans un troisième piston, dans les machines à triple expansion où il faut alors trois coups de piston au lieu de deux pour faire arriver la vapeur dans la boîte d'échappement. En réalité, les pistons n'agissent pas à simple effet ; car, pendant la course ascendante, la vapeur renfermée dans le ou les réservoirs intermédiaires, se détend en agissant sur la face inférieure du petit piston dans le type Compound, du petit et du moyen dans la machine à triple expansion. Il faut donc, pour l'évaluation de la puissance développée, tenir compte du travail accompli dans chaque réservoir intermédiaire. Des robinets à air sont fixés sur les cylindres pneumatiques afin d'éviter la compression

quand on tourne la machine à bras, et pour faciliter la mise en train. Dans ce dernier cas, on les ferme dès que la machine a fait quelques tours.

La substitution de l'air à la vapeur pour la compression est judicieuse, car l'effet de cette dernière est le même, que la machine fonctionne à condensation ou à échappement libre. Grâce à cette disposition, les têtes des bielles motrices travaillent, comme l'excentrique du distributeur, toujours à la compression, et la machine ne produit aucun choc. Sa marche silencieuse est, du reste, parfaitement reconnue.

La cheminée par laquelle pénètre l'air du cylindre pneumatique sert aussi à introduire de l'huile dans le socle ou bâti pour la lubrification des coussinets, des manivelles et têtes de bielle. En même temps que cette huile est versée lentement pendant la marche, on fait couler de l'eau dans un récipient servant de bouteille de niveau et vissé sur la paroi de la chambre des manivelles. Grâce à la séparation en deux chambres de cette bouteille et du tube qui plonge jusqu'au fond, on empêche une agitation excessive du mélange d'eau et d'huile que contient la chambre des manivelles. De plus, comme cette bouteille communique avec le fond du bâti, elle ne contient guère que de l'eau, dont le trop-plein purgé peut être recueilli et renvoyé à la machine après refroidissement.

Quant aux cylindres, le graissage s'y effectue au moyen d'un appareil à goutte visible placé au-dessus de chacune des machines; un graisseur de secours se trouve, en outre, disposé au-dessus de la valve d'admission de vapeur.

Chaque cylindre est muni d'un purgeur automatique; l'enveloppe calorifuge a été reconnue inutile et n'existe pas. Le purgeur a pour organe essentiel un bouchon percé de trous et recouvert d'un disque ou valve métallique. Pendant la marche normale, ce disque est maintenu par l'excès de pression du receveur sur celle du cylindre infé-

rieur; mais si, par suite de l'accumulation accidentelle de l'eau dans ce dernier, sa pression devient prépondérante, la valve est soulevée et l'eau expulsée. La machine possède d'ailleurs à l'avant un séparateur d'eau, à la sortie duquel la vapeur se trouve suffisamment desséchée. En ce qui concerne maintenant la consommation de vapeur de la machine Willans, nous dirons que des essais nombreux ont été exécutés, soit à la marine anglaise à la réception de ces moteurs, soit par l'industrie privée.

Cette consommation, ainsi qu'il ressort des expériences de savants ingénieurs et professeurs anglais, s'est abaissée, en marche normale à condensation à 9 kilogrammes de vapeur par cheval-heure mesuré au frein.

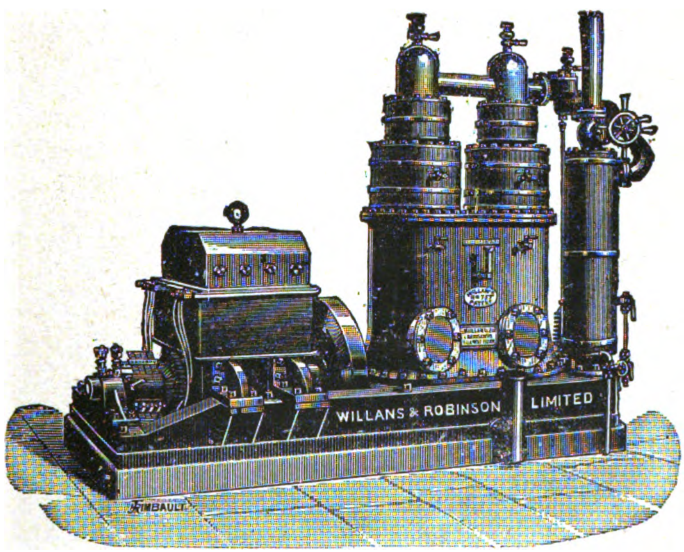


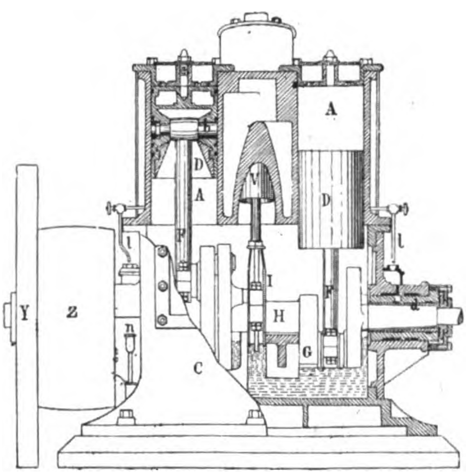
Fig. 44. — Machine Willans accouplée à une dynamo Siemens

Les premières machines Willans étaient à détente fixe; depuis quelques années on les construit aussi à détente variable, automatique ou à la main, ce qui a permis de généraliser leur emploi. La

consommation de vapeur, dans des conditions appropriées d'expansion et de pression, est réellement très faible. Le chiffre de 5 k. 670 a été relevé dans des essais officiels sur une machine de 500 chevaux.

Les machines Willans ont tout d'abord été remarquées dans leur application à la lumière électrique, sous forme de dynamos à vapeur, puis dans les transports de force, et enfin dans la traction électrique où leur régularité de vitesse ne le cède en rien aux machines horizontales.

Machine Westinghouse. — Cette machine qui procède d'une idée juste, n'a contre elle que le défaut de sa construction, car ses organes sont juxtaposés un peu à la diable et sans grand ajustage, suivant la méthode économique des Américains. Aussi, son fonctionnement, assez régulier dans les premiers temps, ne tarde-t-il pas à devenir difficile et capricieux, ce qui nécessite des réparations toujours coûteuses.



Coupe verticale par l'arbre du moteur

Fig. 45. — Machine Westinghouse.

Il existe trois modèles différents de machines Westinghouse, fabriquées à Pittsburgh. Ce sont les types « Junior », d'une grande simplicité, « Standard » et Compound.

Le type « Junior » comporte deux cylindres d'égal diamètre, où se meuvent deux pistons attaquant les coudes de l'arbre moteur, opposés à 180° l'un de l'autre, par des bielles articulées. Cette disposition permet d'équilibrer ainsi l'effort moteur; la distribution est effectuée par un tiroir se mouvant par une boîte disposée horizontalement sur la culasse des deux cylindres. Le mouvement alternatif du tiroir est obtenu par un levier coudé et une bielle; l'uniformité et la constance de la vitesse sont assurées par un régulateur très sensible, logé à l'intérieur du volant, et tout le mécanisme, enfermé dans une boite en fonte hermétiquement close, est à l'abri des poussières. La partie inférieure du bâti constitue un réservoir d'huile, où les têtes de bielles viennent plonger à chaque course, ce qui évite tout échauffement anormal.

Le type « Standard » établi avec plus de soin, ne diffère que par des détails du précédent. Il se construit pour des forces de 5 à 250 chevaux et des vitesses variant, suivant la puissance, de 500 à 250 tours par minute. Le modèle le plus intéressant est le Compound qui permet de réaliser une marche assez économique par l'adjonction d'un cylindre de détente.

La machine Westinghouse Compound a encore deux cylindres à simple effet, mais non plus d'égal diamètre, car leurs sections sont entre elles comme 1 est à 3. Le petit cylindre reçoit la vapeur arrivant de la chaudière, et qui passe, après s'être détendue en partie dans ce petit cylindre, dans le plus grand où elle achève de se détendre avant de s'échapper dans l'atmosphère ou au condenseur. La distribution s'opère par un tiroir cylindrique mû par un levier coudé en équerre comme dans le type *Junior*, et une valve spéciale assure le démarrage.

Machine Delcourt. — Ce dispositif dont l'aspect se rapproche du type Westinghouse que nous venons de décrire lui paraît supérieur

dans certains détails. Les tiroirs coniques et oscillants annulent sensiblement l'espace mort, et les pistons, en acier moulé, très légers, réduisent la valeur des forces d'inertie. Le grand piston du cylindre compound est guidé par un cylindre-glissière qui constitue sous ce piston un réservoir étanche. Une petite soupape, sorte de reniflard, laisse échapper l'air pendant la course descendante, et le vide qui se produit maintient la bielle appliquée sur la soie de manivelle, ce qui permet de marcher à condensation. Remarquons que, pour diminuer encore davantage le poids des pièces mobiles, le chapeau de tête de bielle est réduit à sa plus simple expression. D'après les constructeurs, la consommation de cette machine est très faible et ne dépasse pas 9 kilogrammes de vapeur par cheval-heure.

Moteur compound de Dion et Bouton. — Les cylindres de ce moteur que représentent les figures 46 et 47 sont disposés horizontalement chacun d'un côté de l'axe longitudinal du tracteur ou de l'automobile que ce moteur sert à actionner. Les manivelles sont calées à 90 degrés afin d'assurer la régularité de la marche et faciliter les

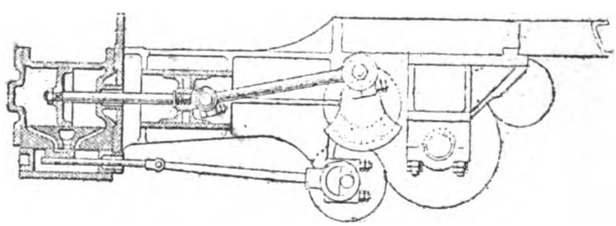


Fig. 46. — Moteur de Dion-Bouton (Élévation)

démarrages. Une valve spéciale appelée « dépiqueur » permet quand on veut donner un coup de collier, d'admettre directement de la vapeur dans le grand cylindre. Le diamètre de celui-ci, pour le type de 18 chevaux, est de 0m,180 et sa course de 0m,130, tandis que le cylindre de haute pression ne mesure que 0m,120 de diamètre. De

même que dans toutes les machines analogues, les volumes relatifs de ces deux cylindres ont été déterminés de façon à ce que le travail développé par chacun d'eux soit sensiblement le même. L'admission dure pendant les huit dixièmes de la course dans le petit cylindre, lorsque la machine tourne à sa vitesse normale de 330 tours par minute. Le travail est alors de 18 chevaux.

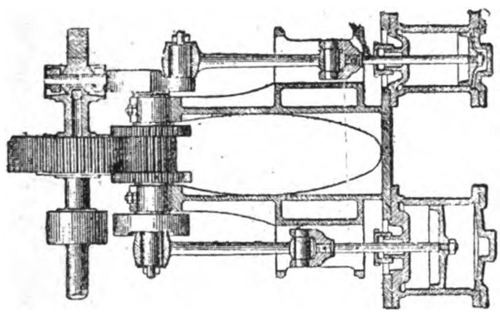


Fig. 47. — Moteur de Dion et Bouton. Coupe en plan

Dans certains modèles la détente atteint 25 %; c'est alors en agissant sur le robinet de prise de vapeur qu'on fait varier l'admission et le travail; dans quelques autres l'admission peut être modifiée à volonté par la manœuvre d'une coulisse de Walschaërt.

Toutes les pièces mobiles de la machine sont enfermées dans un carter en fonte qui sert de bâti; le graissage s'effectue alors par simple barbotage, Pour faciliter la visite de ces divers organes, deux grands flasques latéraux et un couvercle du carter peuvent s'enlever.

Voici, pour terminer avec ce moteur dont la construction est d'ailleurs irréprochable, quelques chiffres relatifs aux moteurs de tracteurs qui ont pris part au concours des Poids Lourds de 1897.

	Omnibus	Tracteur
Diamètre du petit cylindre.	0^m, 100	0^m, 115
— grand cylindre	0^m, 190	0^m, 195
Course du piston.	0^m, 170	0^m, 170

Consommation, par cheval-heure, à la vitesse de 18 kilomètres à l'heure	en coke . .	1k, 500	1k.500
	en eau . .	9 lit.	7 lit.
Puissance à 680 tours par minute		25 chx	35 chx.
Admission normale dans le petit cylindre		75 %	75 %
Taux de la détente dans le grand cylindre		75 »	75 »
Poids du moteur et des transmissions, carter compris.		800 kil.	950 kil.

Moteur Weidknecht.— Dans l'omnibus à vapeur construit par cet ingénieur, le moteur comportait trois cylindres : les deux extrêmes étant admetteurs avec manivelles calées à 90°, et un détendeur dont la manivelle est à 135° des précédentes. Le distributeur de changement de marche et à détente variable, permet une admission de 10 à 87 %. Ce moteur développe normalement une force de 25 chevaux pouvant être portée exceptionnellement à 30 ou 35. La consommation était de 18 à 20 litres d'eau et 3 kilogrammes de coke par kilomètre, et la vitesse horaire, l'omnibus étant chargé de 30 voyageurs, de 15 kilomètres environ.

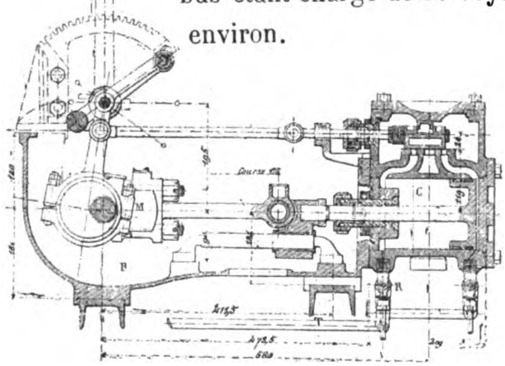


Fig. 48. — Moteur Weidknecht.

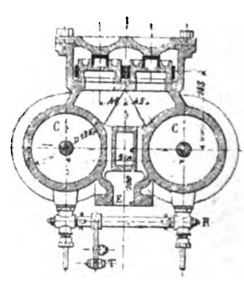


Fig. 49. — Coupe par l'avant des cylindres.

Depuis le concours de 1897, M. Weidknecht a renoncé, dans la construction de son omnibus à 16 places, au système compound et il a adopté un moteur à cylindres égaux représenté par les figures 48 et 49.

MOTEUR SERPOLLET A DEUX CYLINDRES PARALLÈLES. — Dans les premières voitures de cet inventeur, le moteur était, pour les raisons d'économie que l'on connaît, surchauffé à 250° ou 300°. Dans ces conditions, la condensation dans le cylindre était à peu près nulle, et

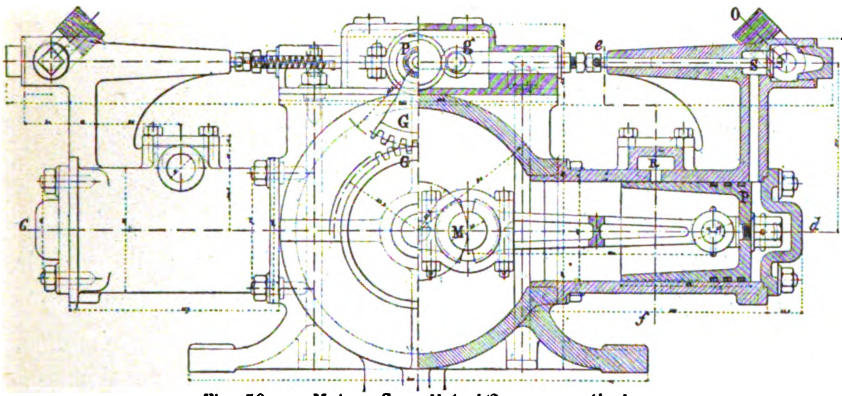


Fig. 50. — Moteur Serpollet, 1/2 coupe verticale.

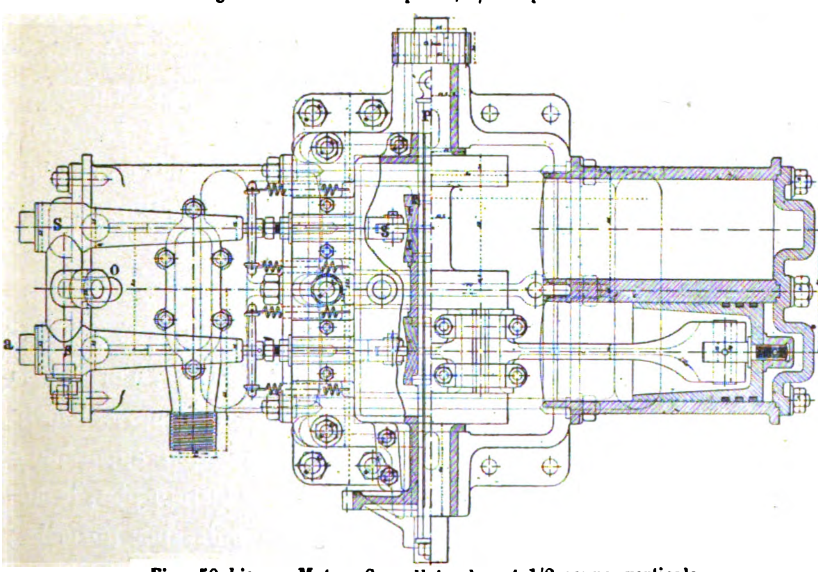


Fig. 50 *bis*. — Moteur Serpollet, plan et 1/2 coupe verticale.

les inconvénients du laminage aux faibles admissions étaient fort diminués. Aussi M. Serpollet, estimant que l'application du système

compound aurait perdu beaucoup de ses avantages, a fait ses deux cylindres égaux. L'économie venait donc seulement de la surchauffe.

Mais cette dernière n'a pas toujours été la règle : la vapeur n'a pas, en effet, besoin d'être surchauffée, quand on adapte au moteur un condenseur, comme c'est le cas dans les nouvelles voitures, où cet organe est formé par des tubes cylindriques de cuivre de faible épaisseur, parallèles et reliés à leurs extrémités par deux tubes plus grands à section rectangulaire (fig. 50 et 50 *bis*).

Notons, en passant, que l'eau, avant de se rendre de nouveau à la chaudière, est réchauffée dans un serpentin autour duquel la vapeur circule, en se rendant du cylindre au condenseur ; elle est de la sorte portée à environ 100°. Dans ces conditions, la vapeur saturée sèche est d'un usage préférable à celui de la vapeur surchauffée, qui a l'inconvénient de vaporiser les huiles de graissage, et d'occasionner ainsi une odeur désagréable et une usure plus rapide des parties frottantes. L'emploi de cette vapeur non surchauffée se combine bien avec une détente modérée de 35 à 40 %, n'exigeant pas un appareil à changement de marche, dont l'absence est admissible sur une voiture légère. Quoi qu'il en soit, les moteurs avec lesquels on emploie la vapeur saturée sèche, ont des cylindres de 59 millimètres de diamètre et 90 millimètres de course de piston.

Moteur des tracteurs Le Blant. — Le moteur employé dans ce genre de véhicules peut développer jusqu'à 60 chevaux, alors que la chaudière, formée de tubes Serpollet, ne peut fournir normalement de la vapeur que pour 40 chevaux. Cette contradiction apparente a pourtant sa raison d'être. En régime normal, sur terrain plat, le moteur ne fonctionnera qu'au tiers peut-être de sa puissance normale ; sur une côte très dure, on pourra avoir besoin des 60 chevaux que le moteur peut donner, et nous savons que le générateur, avec une souplesse merveilleuse, pourra fournir de la vapeur à haute pression

pendant le temps relativement court nécessaire à la montée et même dépasser de beaucoup le débit nécessaire au moteur pour qu'il puisse donner ses 60 chevaux.

Ce dernier est à deux cylindres agissant sur des manivelles calées à 90° de façon à éviter le point mort. Chaque cylindre a 0m,200 de diamètre et une course de 0m,220. L'admission de la vapeur se fait à l'aide de tiroirs cylindriques et, par conséquent, équilibrés; la distribution est obtenue à l'aide du système Walschaerts qui a l'avantage de supprimer l'emploi des coulisses ordinaires tout en permettant de marcher à divers degrés de détente et de renverser aisément le sens de rotation du moteur.

Nous dirons enfin que le moteur fournit ses 60 chevaux à la vitesse de 180 tours par minute à la pression d'admission de 80 kilogrammes par centimètre carré. En marche normale, la puissance requise n'est que de 20 chevaux et le degré d'admission tombe à environ 15 %. Les divers organes et le bâti du moteur sont en acier coulé. Seul, le corps des cylindres est en fonte ainsi que les segments des pistons. Le poids total du moteur est de 900 kilogrammes.

Moteur Wilkinson et Sellers. — Cette machine, que représente la figure 51, est compound et elle comporte un piston rotatif et un piston à mouvement alternatif à surface plus considérable, fonctionnant dans un cylindre A ouvert à la partie antérieure. La vapeur agit d'abord à haute pression sur le piston rotatif puis passe dans le cylindre à basse pression. Le piston rotatif tient lieu lui-même de soupape d'admission au grand cylindre.

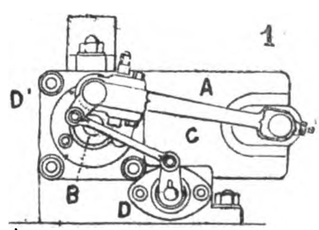


Fig. 51

Le piston à mouvement alternatif actionne une paire de bielles motrices C, placées latéralement, tandis que le piston rotatif est relié

directement à l'arbre moteur B. En dernier lieu, la vapeur qui a travaillé, s'échappe, soit à l'air libre soit au condenseur à travers une soupape E actionnée par une manivelle D^1 reliée au bouton de manivelle.

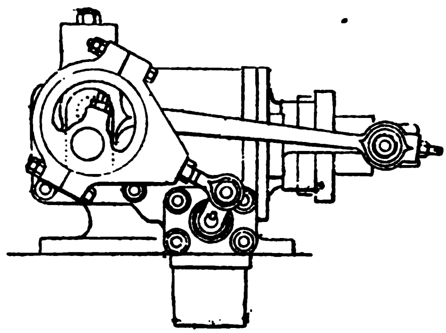


Fig. 52

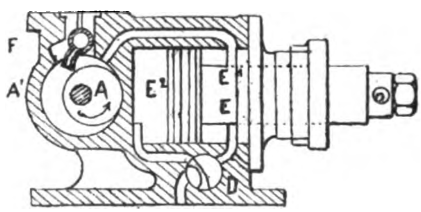


Fig. 53. — Machine Wilkinson-Sellers, à triple expansion.

Les figures 52 et 53 représentent une machine Wilkinson à triple expansion dans laquelle la surface des pistons intermédiaires et à basse pression, est constituée par un piston E du type « à fourreau ». L'espace annulaire E' forme réservoir intermédiaire pour la vapeur venant du cylindre de haute pression. L'admission première de la vapeur est réglée, dans l'un et l'autre cas, par une soupape F manœuvrée elle-même par le piston A^2 dans son mouvement de rotation. En effet, dans la position de la figure 53, la soupape oscillante F envoie la vapeur dans le cylindre à haute pression ; mais le piston A^2 en continuant son mouvement dans le sens de

la flèche, va bientôt refermer F, en la repoussant dans son logement où la vapeur ne trouve plus d'issue.

Ce moteur original n'a pas encore reçu en France la sanction de l'expérience ; il serait tout au moins curieux de connaître sa consommation pour une puissance donnée.

Moteur Jacomy. — Ce moteur, qui a paru pour la première fois à l'Exposition du Travail (Paris 1885) a été imaginé par un officier d'artillerie, M. Jacomy. Comme sa disposition est intéressante, nous en donnerons la description sommaire.

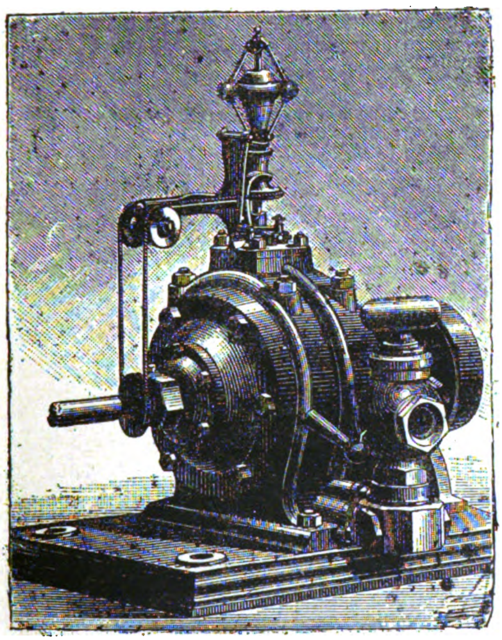


Fig. 54. — Moteur Jacomy

Cette machine (fig. 54) se compose de deux parties identiques formant chacune une partie distincte, symétriquement placées et agissant sur les vilebrequins d'un arbre coudé dont les manivelles sont diamétralement opposées. Le bâti forme enveloppe de vapeur et sépare

les deux machines. Dans chacune d'elles, le piston monté sur la manivelle de l'arbre au moyen d'un coussinet en deux parties, est constitué par un cadre rectangulaire qui se meut verticalement dans un autre cadre formant cylindre et dont les côtés verticaux lui servent de glissières. Ce second cadre est aussi un piston qui se meut horizontalement dans une cage rectangulaire ménagée dans le bâti, et dont les faces horizontales lui servent de glissières. La distribution de vapeur s'effectue par quatre tiroirs commandés par un excentrique calé sur l'arbre. On comprend aisément le fonctionnement de cette machine: la vapeur arrive dans la boîte-tiroir formée par le plateau, agit sur une des faces du petit piston, s'échappe dans la partie intérieure comprise entre les parois de ce piston et vient se détendre sur le grand piston, enfin, elle s'échappe soit à l'air libre, soit dans un condenseur. L'utilisation de la vapeur s'opère donc dans des conditions rationnelles : les pistons sont à double effet, et l'application du système compound permet de réaliser une réelle économie de vapeur et, par suite, de combustible. Aussi, nous étonnons-nous que ce petit moteur ait disparu complètement et ne soit plus en usage dans certaines industries qui en tireraient de grands avantages.

MOTEUR NÈGRE. — Ce système, de création récente, est assez ingénieux, nous le décrirons en détail d'après un article de la revue : la *Locomotion automobile*.

C'est un moteur à vapeur à quatre cylindres $a, a' b, b'$ (de $0^m,10$ de diamètre sur $0^m,06$ de course pour l'automobile) (fig. 55) ; ils sont à simple effet et disposés en croix et opposés deux à deux, comme le montre la figure; ils actionnent l'arbre moteur i au moyen d'une seule manivelle. Les pistons c ont leur tige e terminée deux à deux par un cadre elliptique f, embrassant un galet g dont l'axe de rotation est fixé sur le pourtour d'un excentrique h, calé lui-même sur l'arbre moteur i.

Les tiroirs de distribution n et n' (fig. 56) sont plans ; la vapeur arrive par la tubulure latérale l, fixée sur le pourtour du bâti hermétiquement fermé qui enveloppe tout le mouvement.

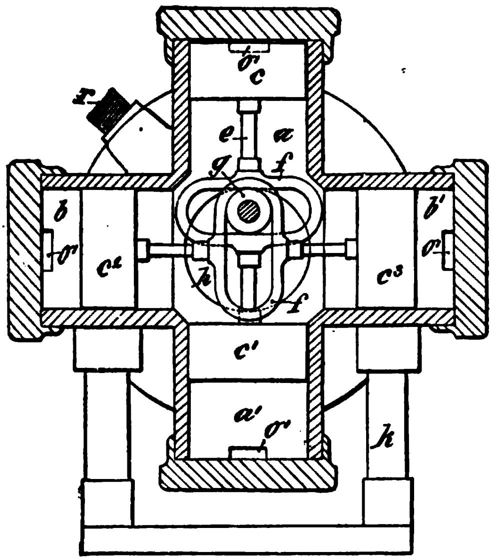


Fig. 55. — Moteur Nègre (Coupe).

Les pistons étant dans la position représentée figure 55, par exemple, et le levier à manette occupant la position 6, la vapeur pénètre dans les cylindres par o', déterminant la rotation de l'arbre moteur i dans un sens déterminé, en amenant le levier à manette dans la position 7, le levier 3 fait glisser le manchon 1 de gauche à droite et, grâce au mouvement de renvoi de zyx, il oblige le plateau mobile s à descendre sur la face dressée de la plaque v. Il en résulte que le tiroir n' ferme le conduit o', tandis que n découvre o, ce qui a pour effet de changer instantanément la marche, c'est-à-dire le sens de rotation de l'arbre moteur.

Si l'on amène le levier à manette dans la position verticale, les orifices sont fermés, le moteur s'arrête ; en l'inclinant plus ou moins

on fait varier la détente à volonté, comme avec un changement de marche de locomotive.

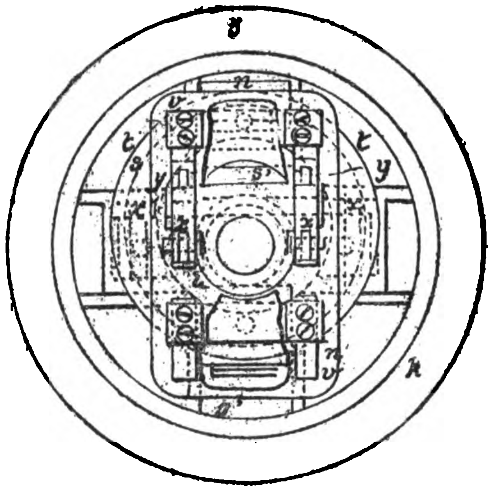


Fig. 56. — Distribution du moteur Nègre

Lorsque la vapeur, ayant pénétré dans la chambre *m*, passe à travers les conduits *o* et *o'*, successivement découverts par les tiroirs *n* et *n'* : ces mêmes conduits servent également à l'échappement.

Le piston *c*, par exemple, étant à l'extrémité de sa course, la vapeur arrive par *o*, agit sur ce piston et par suite sur son conjugué *c* qui, dans ce mouvement, chasse devant lui la vapeur qui se trouvait dans le cylindre *a'* ; celle-ci s'échappe par le conduit *o'*, passe dans un évidement de la pièce qui constitue la glace des tiroirs pour sortir finalement par le tuyau *r* d'échappement.

Lorsque la distribution est dans la position représentée figure 28, l'admission commence dans le cylindre *a*, les pistons c^2 c^3 sont à peu près au milieu de leur course et, quand les pistons *c* et *c'* arriveront eux-mêmes à semblable position, l'admission se produira sur le piston c^3 et l'échappement aura lieu sous *c'*. Cette combinaison

d'admissions successives au moyen de tiroirs actionnés simultanément permet de supprimer les points morts.

Les tiroirs de distribution *n* et *n'* sont montés sur un plateau *s*, calé sur l'arbre *i* et portant des saillies *t* (fig. 57) engagées

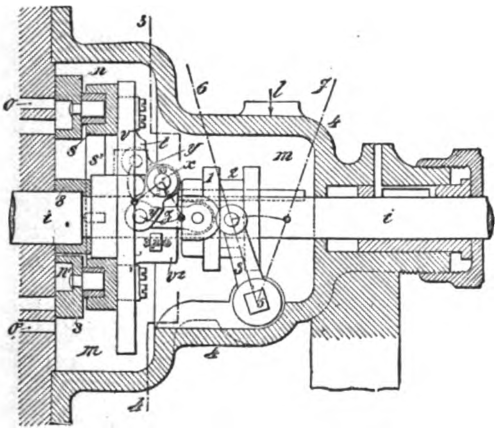


Fig. 57. — Montage des tiroirs.

dans des rainures ménagées dans la plaque *v'*. En *x* est articulé un levier coudé *y* relié d'un côté des saillies *t* et de l'autre, au moyen d'une bielle *z*, au manchon 1, lequel peut se déplacer longitudinalement sur l'arbre *i*. Ce manchon porte une rainure ou évidement circulaire *t* dans lequel vient s'engager un guide porté par le levier 3, articulé lui-même sur la boite ou bâti 4 : une porte carrée reçoit à l'extérieur un levier à manette dont l'amplitude d'oscillation peut être mesurée sur un secteur gradué placé vis-à-vis et convenablement disposé sur le bâti.

Ajoutons enfin que pour éviter que la vapeur contenue dans la chambre *m* ne puisse pénétrer entre les cylindres, grâce au jeu résultant de la rotation de l'arbre moteur *i*, on a disposé sur son pourtour une bague, rodée sur une portée de l'arbre et maintenue par un goujon.

Le moteur pour automobile peut donner la puissance de huit che-

vaux, fonctionnant à la pression de 10 kilogrammes et tournant à 200 tours à la minute ; à 15 kilogrammes, il donne douze chevaux avec 400 tours ; à 1.000 tours, il donne quinze à vingt chevaux.

M. Nègre a établi une série de moteurs de grandeur et de force croissantes, dont la vitesse varie de 200 à 1.200 tours par minute, et dont le tableau ci-dessous résume les poids et dimensions respectives.

Numéro du moteur	Force en chevaux	Longueur	Largeur	Hauteur	Poids
1	3	0m,40	0m,25	0m,30	50k
2	5	0 70	0 30	0 35	80k
3	10	0 70	0 40	0 45	120k
4	15	0 70	0 50	0 55	200k
5	25	0 80	0 60	0 60	350k

Tels sont les principaux systèmes de moteurs à vapeur et à pistons légers, imaginés et expérimentés dans le cours de ces dernières années. On peut se convaincre, par ces descriptions, que des améliorations très sérieuses ont été réalisées par les inventeurs et que le moteur à vapeur peut encore lutter avec certains avantages contre ses concurrents, dans des cas déterminés, et bien qu'il ait encore contre lui l'inconvénient d'exiger des approvisionnements assez importants de combustible et d'eau pour pouvoir fonctionner sans arrêt pendant un temps plus ou moins prolongé.

CHAPITRE III

MACHINES A VAPEUR ROTATIVES ET TURBO-MOTEURS

LES PREMIÈRES MACHINES ROTATIVES A VAPEUR DE PECQUEUR, BEHRENS, UHLER.
LES MACHINES MODERNES DE FILTZ, D'ARBEL ET TIHON.
LE MOTEUR ÉPICYCLOIDAL GÉRARD.
LES TURBINES A VAPEUR DE PARSONS ET DE LAVAL.

La première idée de la machine rotative à vapeur, c'est-à-dire du moteur à piston tournant, paraît avoir été émise vers 1860 par Pecqueur, et, dès cette époque, de nombreux modèles basés sur ce principe ont été proposés par divers mécaniciens. Citons particulièrement MM. Péron, Bisschop et Rennie, et Galy-Cazalat, dont les machines n'eurent qu'un succès éphémère, en raison des défauts capitaux qu'elles présentaient et dont le moindre était une usure exagérée des pièces en mouvement.

Pour donner un aperçu de la disposition générale de ces moteurs, voici la description de l'un des moins mauvais construit vers 1870 par M. Uhler :

Sur l'arbre tournant était claveté un tambour circulaire monté excentriquement jouant le rôle de piston. Le seul point de sa circonférence par où ce tambour touche le bord intérieur de la boîte à vapeur, est percé d'une lumière par où débouche la conduite d'échappement. A chaque révolution de ce tambour, la soupape mo-

bile servant à l'admission est soulevée ; une certaine quantité de vapeur entre, en raison de son expansibilité, agit à pleine pression pendant la moitié de la révolution du tambour, puis, la soupape se referme et la vapeur introduite achève de travailler en se détendant jusqu'à la fin de la course. Celle-ci achevée, la lumière d'échappement est démasquée et la vapeur s'échappe à l'extérieur. Immédiatement après, la soupape d'admission se relève, une nouvelle quantité de vapeur est admise dans la boîte et contribue à la continuité du mouvement.

La machine rotative Behrens, d'origine américaine, était basée sur un principe absolument différent. L'organe principal, au lieu de présenter la forme d'un tambour monté excentriquement, se composait de deux cylindres découpés, tournant côte à côte, et disposés de telle façon que les reliefs de l'un s'emboîtassent exactement dans les creux du cylindre voisin. Ces deux cylindres ou tambours étaient enfermés dans une enveloppe de vapeur étanche. Employé comme moteur, l'appareil Behrens ne donna que des résultats médiocres, tandis qu'il fonctionnait parfaitement comme pompe ; il n'a pas tardé d'ailleurs à être abandonné, bien qu'il soit susceptible, en principe, d'être amélioré et de fournir de bons résultats.

Le défaut capital des moteurs à rotation directe réside dans leur énorme consommation de vapeur, bien supérieure à celle des plus mauvais systèmes à mouvement alternatif. L'usure des pièces est également très rapide, ainsi que nous le disions plus haut. A chaque révolution du tambour-piston, les soupapes sont soulevées; lorsque la vitesse atteint 1200 à 1500 tours par minute, le frottement devient presque continu ; les parties en contact s'échauffent et si le graissage n'est pas constamment très abondant, les soupapes et la circonférence du tambour se déforment, se grippent et, l'étanchéité disparaissant, la consommation de vapeur dépasse toutes proportions.

Mais le principe du moteur rotatif est tellement séduisant ; il per-

met de réaliser si facilement des types d'une simplicité et d'une légèreté extraordinaires, qu'il est très compréhensible que les chercheurs se soient acharnés à perfectionner les modèles si imparfaits construits au début. Reconnaissons que d'heureuses modifications ont été apportées à ces intéressantes machines ; et que la plupart des défauts signalés plus haut ont été notablement atténués, ainsi qu'on va le voir par la description des types les plus récents.

Moteur hélicoidal Filtz. — Cette machine est caractérisée par l'action directe de la vapeur sur l'arbre tournant, ce qui permet de supprimer tous les mouvements intermédiaires, les organes distributeurs et les espaces nuisibles, augmente la durée et élève le rendement. Le mouvement est parfaitement équilibré, ce qui évite les trépidations, et l'installation peut être faite sans aucune maçonnerie de soutien, dans les applications à poste fixe. Pour la navigation, elle ne nuit pas à la durée de la coque du navire qui porte l'appareil.

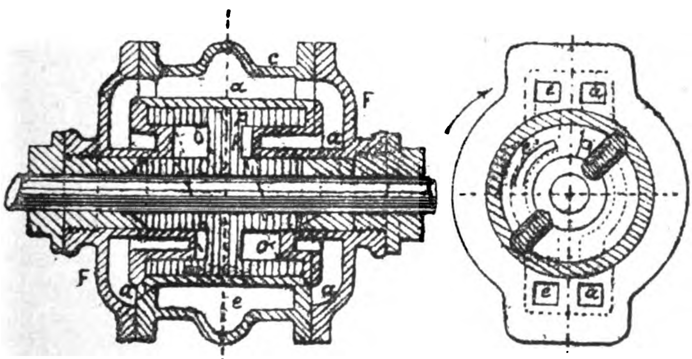


Fig. 58 et 59. — Moteur Filtz (Coupe).

Les figures 58 et 59 représentent deux coupes transversales du moteur Filtz, qui se compose essentiellement d'un cylindre *c* fixe, dans lequel tourne un piston P, qui affecte la forme d'un double T, et quelque peu semblable à la lettre I. Les deux faces latérales du cylindre ont une forme hélicoïdale, l'une à pas droit, l'autre à pas

gauche (représentés en pointillé sur la figure 58). Aux deux extrémités d'un même diamètre du piston, viennent se loger deux palettes *o* et *o'* qui peuvent coulisser dans une fente ménagée dans le plateau du piston; vu la forme des couvercles du cylindre, il est aisé de comprendre que ces palettes entraînées par le piston, prendront un mouvement alternatif de va-et-vient. A un moment, la palette *o*, par exemple, se trouvera complètement repoussée du côté gauche, et le piston viendra appuyer sur le fond hélicoïdal du couvercle de droite. L'inverse aura lieu lorsque le piston aura tourné d'un demi-tour.

Un canal d'amenée de vapeur *a* vient déboucher en un point situé après celui où le piston est en contact avec le fond du cylindre. L'orifice d'échappement se trouve immédiatement avant ce point et affecte une forme allongée représentée en *e*.

Si nous considérons le piston dans la position de la figure 59, nous reconnaîtrons que l'espace situé à droite de l'arête centrale du piston se trouve divisé en trois compartiments; l'admission de la vapeur s'effectue dans le premier de ces compartiments; dans le second, la vapeur se détend, et, dans le troisième, elle est mise en communication avec le conduit d'échappement *e'*. On voit donc que l'admission se fera en *a'* jusqu'au moment où la palette *o'* viendra en *a'*, et où la palette *o* sera parvenue à la partie inférieure du cylindre. L'admission se fait donc pendant un demi-tour; à partir de ce moment, la vapeur se détend, comme dans le deuxième compartiment, en vertu de la plus grande surface de la palette *o'* sur celle offerte par la palette *o*, et la détente se poursuivra jusqu'au moment où ces deux surfaces seront devenues égales, ce qui arrivera lorsque les palettes occuperont une position horizontale. Lorsque le moteur aura dépassé cette position, la vapeur sera mise en communication avec *e'* comme dans le troisième compartiment. Les choses se passent d'une manière analogue de l'autre côté du piston.

Tel est le fonctionnement de ce moteur qui constitue un appareil

réellement industriel. L'inventeur s'est efforcé, de créer ensuite une machine rotative économique en transformant ce type en moteur compound. La solution était tout indiquée par l'accouplement de deux machines semblables, mais de grandeur différente, sur un plateau commun, dont les canaux envoient l'échappement du petit à l'admission du grand cylindre.

Pour pouvoir appliquer ce moteur à la traction des véhicules, on a été obligé de prévoir un changement de marche. Dans ce but, on a muni le moteur d'un tiroir pouvant envoyer la vapeur dans une autre série de canaux disposés en sens inverse. Il est à remarquer également que le moteur partira dans toutes les positions, excepté dans celle où la palette se trouverait précisément en face de l'admission de la vapeur.

Le tableau suivant permet de se rendre compte de l'encombrement du moteur Filtz.

MOTEURS A CYLINDRE UNIQUE — VAPEUR A 6 KILOGRAMMES

PUISSANCE	DIAMÈTRE du cylindre	NOMBRE DE TOURS	POIDS
3	94 m/m	1.200	60kg
5	170	500	100
10	200	400	150
MOTEUR COMPOUND — VAPEUR A 6 KILOGRAMMES.			
10	170-250	400	260
20	250-420	350	700
49	350-600	300	1.200

Les consommations accusées avec échappement libre sont de 22 à 24 kilogrammes de vapeur par cheval-heure au frein simple, et de 13k,2 pour le moteur compound de 40 chevaux, ce qui correspond

pour ce dernier à 9 kilogrammes de vapeur environ avec la marche à condensation.

Ce sont là des résultats plus que satisfaisants pour l'application du moteur à la locomotion automobile, et, si ce moteur pouvait marcher au pétrole sans inconvénient, on pourrait sans crainte lui prédire le plus brillant avenir.

Moteur rotatif épicycloidal Gérard. — La machine à vapeur rotative semble si séduisante par sa simplicité que l'on s'explique pourquoi, depuis que l'automobile a pris le développement que l'on sait, les constructeurs ont cherché à établir un système de ce genre. réellement pratique Le mouvement circulaire obtenu directement, sans intermédiaire de transformation, supprime les trépidations et le bruit si gênants, reprochés avec raison aux autres moteurs. D'autre part, les frottements étant diminués dans une grande proportion, la force vive de la vapeur est mieux utilisée.

La Compagnie Générale des Automobiles (Triouleyre directeur) a donc acquis de l'inventeur, M. H. Gérard, la propriété du brevet d'une machine à vapeur rotative des plus ingénieuses qu'elle a appliquée avec succès à ses véhicules. Cette machine se compose essentiellement de trois disques excentrés roulant dans un tambour cylindrique et décrivant ainsi la courbe désignée en mathématiques sous le nom d'épicycloïde.

Nos figures 60 et 61 montrent la position occupée par le disque-piston dans les périodes d'admission et de détente. Dans ces figures, J représente l'orifice d'admission de la vapeur, E E sont les tiroirs de distribution, complétés chacun par une rotule H servant à régler la détente par l'inclinaison qu'elle prend en suivant dans leur mouvement chacun des disques-pistons G, sur le pourtour duquel elle est constamment appliquée par la pression d'un ressort R. D est l'arbre moteur, venu d'une seule pièce avec les trois portées *d* calées à 120°

les unes des autres et servant de manivelles sur lesquelles agissent les disques-pistons G, séparés par les cloisons C facilement amovibles. A est le bâti du moteur, venu de fonte avec le corps du cylindre B ; les fonds du cylindre se prolongeant par les paliers extrêmes dans lesquels tourne l'arbre moteur D ; I est la lumière par où s'échappe la vapeur qui a travaillé sur chacun des disques-pistons.

Le contact du roulement entre les disques et le tambour cylindrique, est assuré par la pression même de la vapeur ; les faces latérales portent des couronnes contre-segmentées *m* qui glissent sur les cloisons C ou les fonds de cylindres B.

Voici maintenant comment s'opère le fonctionnement : Pendant la période d'admission (fig. 60), l'inclinaison de la rotule H, évidée sur la moitié de son pourtour, permet à la vapeur venant de l'orifice J à travers le tiroir E, de s'introduire dans le cylindre en poussant le disque-piston qui roule dans le tambour. L'admission cesse lorsque le disque est parvenu à la partie inférieure du cylindre. Pendant la période de détente qui vient ensuite (fig. 61), l'orifice d'admission étant fermé par la partie pleine de la rotule H, et l'orifice d'échappement n'étant pas encore découvert, le disque poursuit sa course sous l'action de la vapeur, qui se détend progressivement jusqu'à la position représentée (fig. 62) où l'échappement va commencer. Remarquons, en passant, la disposition des tiroirs E et de leurs rotules qui montent et descendent alternativement sous l'action du ressort antagoniste R.

Les organes de ce moteur sont très simplifiés, faciles à démonter ou à remplacer. Toutes les pièces sont robustes et d'ailleurs fatiguent peu, car elles donnent lieu à des frottements de roulement au lieu de frottements de glissement comme dans la plupart des autres machines. Le seul frottement qui pourrait exister est celui des disques sur la partie excentrée *d*, de l'arbre D, et il est annulé en partie par un roulement sur billes K comme on le voit sur la figure 62.

La mise en marche du moteur épicycloïdal Gérard ne nécessite

MOTEUR ÉPICYCLOÏDAL GÉRARD

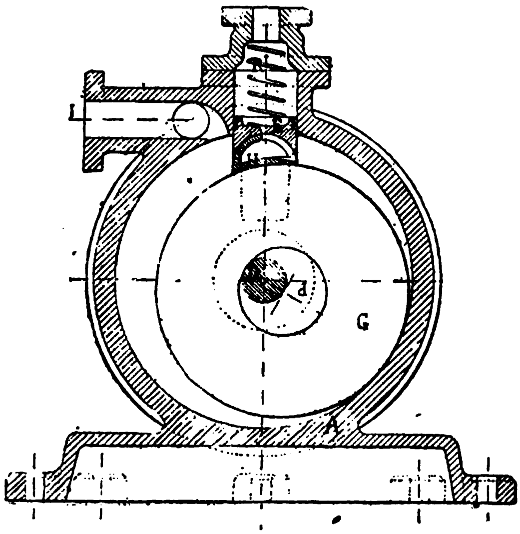


Fig. 60. — Admission.

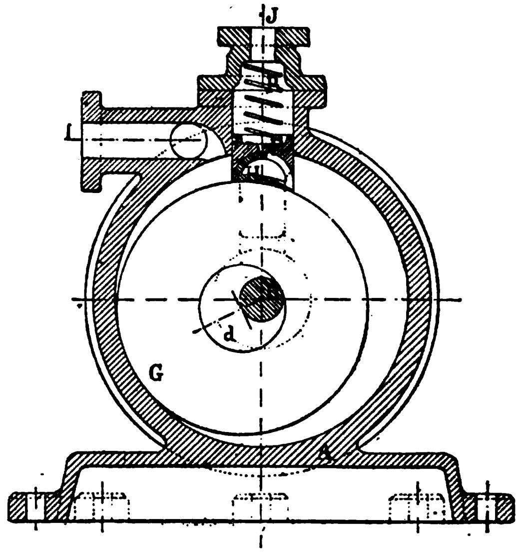


Fig. 61. — Détente.

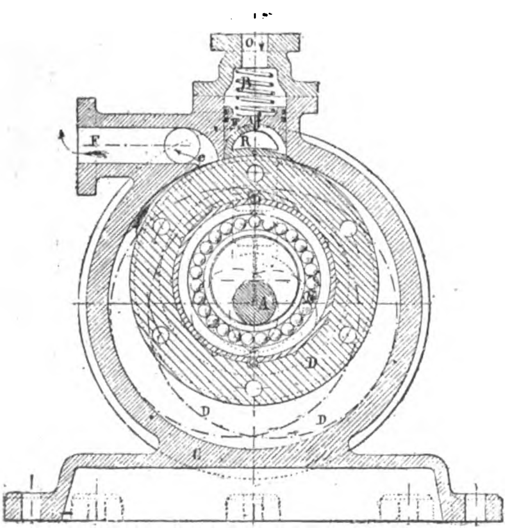


Fig. 62. — Période intermédiaire.

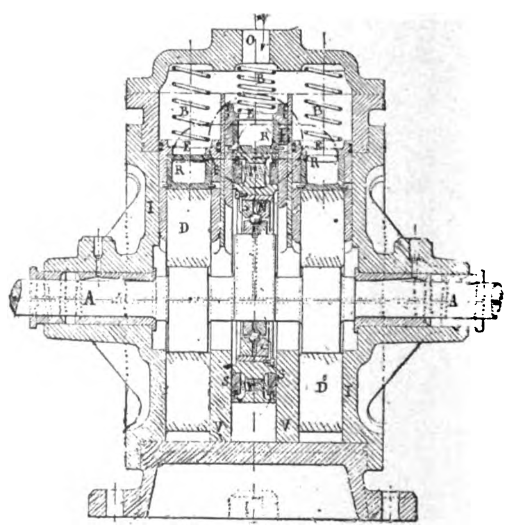


Fig. 63. — Coupe transversale.

d'autre manœuvre que l'ouverture de la valve de vapeur ; les machines à trois cylindres à pistons calés à 120° n'ayant pas de point mort, on est toujours certain de démarrer facilement et rapidement dans n'importe quelle position relative de ces pistons par rapport les uns aux autres. La consommation de vapeur est relativement modérée pour le modèle de deux chevaux, elle est de 22 kilogrammes par cheval-heure. Par suite de la simplicité des organes, le rendement est meilleur, d'où économie de vapeur, donnant la possibilité de faire usage d'une chaudière de capacité réduite, point essentiel pour beaucoup d'applications. Cette économie est assurée par l'étanchéité du disque-piston constamment en contact avec le cylindre sur lequel il roule ; l'obturation sur les faces étant obtenue par des segments *m*, qui, poussés par de petits ressorts *r*, glissent doucement, soit sur les fonds du cylindre, soit sur les cloisons *c* (fig. 63).

Le moteur épicycloïdal utilise pleinement la pression de la vapeur et peut tourner à vitesse réduite, ce qui constitue un avantage considérable sur les turbines dans lesquelles la vapeur agit par sa force vive. On évite, en même temps, le plus grand défaut des moteurs rotatifs leur vitesse très rapide exigeant des engrenages réducteurs dont la résistance est loin d'être négligeable. Ainsi on a pu obtenir toutes les vitesses entre 60 et 24.000 tours à la minute, cette dernière vitesse de 400 tours par seconde ayant été constatée avec un moteur d'expérience de 1 cheval.

En résumé, ce type de machine rotative parait assez bien combiné et son emploi est tout indiqué pour la navigation et l'automobilisme, car il supprime toutes trépidations, les pièces qui le composent étant rigoureusement équilibrées.

Moteur rotatif Ghersi, a vapeur ou a gaz. — Le nouveau moteur rotatif Ghersi, dont nous allons donner la description, peut être actionné par la vapeur ou par les gaz provenant de l'explosion d'un

mélange détonant ; mais il ne comprend pas la chambre proprement dite nécessaire dans ce second cas.

Le moteur se compose de deux chambres identiques à phases alternantes et dont nous allons indiquer le fonctionnement. La figure 64 représente la vue de profil des trois chambres, c'est-à-dire du moteur entier.

Pour le fonctionnement du moteur nous nous reporterons aux figures 65 et 66 qui représentent deux coupes, l'une suivant l'axe de rotation, l'autre perpendiculairement à cet axe.

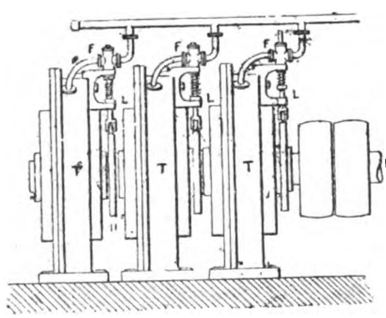


Fig. 64
Moteur rotatif Ghersi.

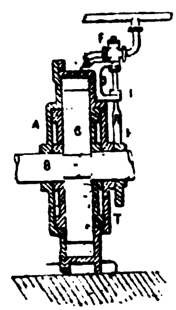


Fig. 65
Coupe transversale.

L'arrivée de la vapeur ou du gaz comprimé se fait par le tube V. Chaque tambour fondu d'une seule pièce, est fermé d'un côté par une partie mobile.

Ce tambour porte, sur une partie de sa circonférence intérieure, une rampe E laissant dans le restant du tambour un espace vide D, formant chambre à piston. Au centre du tambour tourne une roue pleine A, fixée à l'arbre moteur B, remplissant le centre du tambour et venant passer très près de la rampe E sans y frotter.

La roue A et l'arbre B portent une entaille les traversant par l'axe dans toute leur épaisseur. Cette entaille donne passage à une clavette-piston C, plus étroite que la roue A, mais s'ajustant complètement

aux parois de la chambre à piston D, et pouvant effectuer librement un mouvement glissant de va-et-vient dans cette entaille. Cette clavette-piston a ses angles légèrement arrondis aux deux extrémités ; elle a une longueur égale au diamètre de la roue pleine A, augmenté de la différence existant entre le diamètre de cette roue et le diamètre intérieur du tambour T. En sorte que si l'on fait tourner la roue A, la clavette C reste constamment appliquée par ses deux extrémités, d'une part sur le tambour T, d'autre part sur la rampe E.

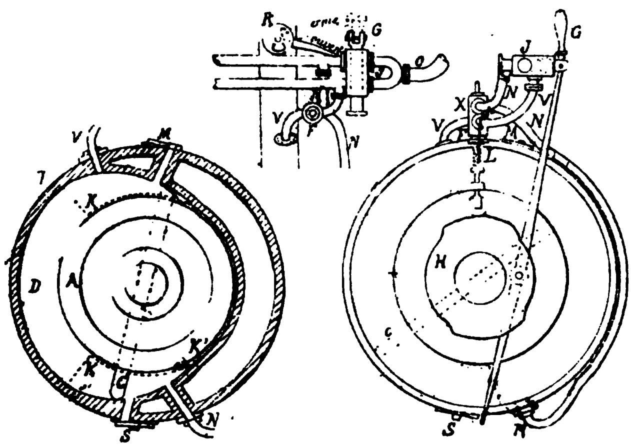


Fig. 66, 67 et 68. — Détails du mécanisme.

Le mouvement est produit, comme nous l'avons dit, par la vapeur ou les gaz comprimés arrivant par le tube V. Supposons que la clavette-piston se trouve un peu à gauche de l'orifice V, la vapeur la chasse vers le bas en entraînant avec elle la roue A et l'axe B, jusqu'à ce que l'ouverture S se trouve démasquée. Puis l'opération recommence comme précédemment, on voit d'ailleurs que, par les orifices N et M la marche inverse peut être obtenue. Les figures 67 et 68 montrent la disposition du mécanisme de la came de réglage de l'admission et du renversement de marche grâce à la manette G.

On voit que l'arbre B entraîne la came H qui, au moyen d'une clavette

soulève la tige L, qui commande à son tour la soupape F. Le détail de la came est disposé de façon à établir une détente réglable à volonté.

Ainsi que nous l'avons dit, il y a trois tambours identiques, dont les phases ne concordent pas ; par ce moyen, les trois clavettes qui entraînent l'arbre E se trouvent en même temps dans les trois positions différentes. De cette façon, le mouvement s'accomplit sans interruption. Comme on le voit sur la figure 64, un tube unique dessert les trois tambours, l'admission dans chacun d'eux étant réglée par une came particulière.

Moteur rotatif Bambel. — Les figures 69 et 70 montrent l'aspect du mécanisme intérieur de ce moteur dont l'organe principal, figuré à part, est un tambour entaillé et sur les faces duquel vient presser

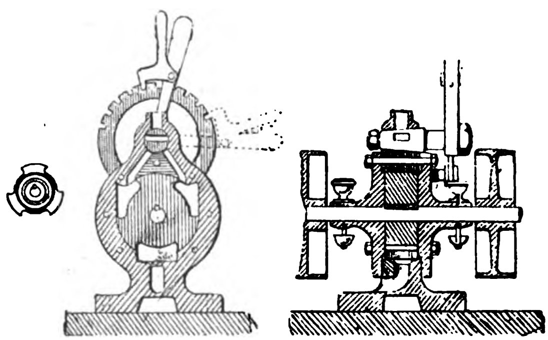


Fig. 69 et 70. — Moteur Bambel.

la vapeur. La distribution est opérée par un simple robinet, dont le boisseau, commandé par une bielle, est animé d'un mouvement circulaire continu. Une manette, que l'on peut arrêter à volonté sur l'un des crans d'un secteur denté devant lequel elle se meut, permet de régler l'admission et au besoin de renverser le sens de la rotation. Ce moteur paraît bien conçu théoriquement, mais nous ignorons les résultats qu'il a pu donner dans la pratique.

Moteur Arbel et Tihon. — Ce moteur qui a attiré l'attention de tous les connaisseurs à l'Exposition de l'Automobile, présente des dispositions réellement très originales et il mérite un examen détaillé, car il paraît susceptible de fournir des résultats très avantageux en raison de la simplicité de son mécanisme et de son haut rendement.

Ce moteur est constitué par un cylindre surmonté d'un chapiteau contenant les organes de distribution, de deux flasques de forme circulaire fermant le cylindre, et que traverse l'arbre tournant. A l'intérieur de ce cylindre se meut l'anneau-piston dont la rotation est transmise à l'arbre. Ce cylindre est à double enveloppe pour éviter la condensation, et le vide séparant les deux parties sert de conduits de vapeur pour l'admission et l'échappement. Dans son intérieur et calées excentriquement sur l'arbre, se trouvent deux cames symétriques, réunies en leur centre par une tige à écrou qui permet de régler à volonté leur écartement. Le joint entre ces deux cames est donc placé dans l'axe du moteur et constitue une gorge plus ou moins ouverte, dans laquelle vient se loger une couronne de billes en acier. L'ensemble est encastré dans l'anneau-piston, lequel porte la cloison de distribution de la vapeur, qui est de la même profondeur que le cylindre. A l'intérieur de cet anneau-piston est vissée une bague en acier trempé sur laquelle roulent les billes. Celles-ci servent ainsi d'organe de transmission entre l'anneau-piston qui reçoit la poussée de la vapeur et la came qui transmettra cette pression à l'arbre moteur par un mouvement de rotation.

L'anneau-piston, en se mouvant autour de l'arbre moteur, a constamment l'une de ses génératrices en contact avec la surface intérieure du cylindre. Il porte dans son sens longitudinal une cloison en acier servant à la distribution de la vapeur, qui s'appuie, comme l'anneau-piston, par ses deux faces latérales, sur les flasques du cylindre.

La hauteur de la cloison est telle que celle-ci reste toujours enga-

gée par son extrémité supérieure dans un genou spécial, disposé dans le chapiteau et qui la guide dans ses mouvements.

Le genou est formé par deux portions identiques d'un cylindre en bronze auquel on aurait enlevé en section longitudinale, une épaisseur correspondante à celle de la cloison, les deux segments restants portant deux évidements chargés de démasquer ou d'obturer l'arrivée de la vapeur. Ce genou se meut à frottement doux dans une alvéole ménagée dans le chapiteau du cylindre et sert d'organe distributeur en ouvrant et fermant l'arrivée de la vapeur sur l'anneau-piston, suivant la position que ce dernier occupe dans le cylindre.

Deux robinets placés de chaque côté du genou, servent à établir, suivant le sens de la marche, soit l'admission, soit l'échappement. La manœuvre simultanée de l'ouverture d'un des robinets et de la fermeture de l'autre, s'obtient donc instantanément par la manœuvre de cette poignée, et il en résulte que le moteur n'a pas, pratiquement, de point mort, puisqu'il y a toujours un sens de mouvement suivant lequel l'anneau-piston se trouve en position de marche. Aussitôt en mouvement, il suffit de renverser le sens de la rotation, si cela est nécessaire, ce que la poignée permet de réaliser en un instant.

Le fonctionnement du moteur Arbel-Tihon se conçoit donc aisément : la vapeur arrivant par la double enveloppe du cylindre, passe par l'un des robinets et se rend dans le cylindre où elle agit sur la cloison et sur l'anneau-piston. Sous l'effet de cette pression, l'ensemble se déplace, en communiquant le mouvement à la came par l'intermédiaire des billes, et par suite, de l'arbre moteur. Quand l'anneau a opéré un demi-tour, c'est-à-dire quand il est arrivé au point le plus bas de sa course, la cloison étant alors verticale, l'admission se ferme par le mouvement oscillatoire du genou qui vient obturer la lumière du robinet d'admission. La vapeur admise se détend donc de 50 % et, en se détendant, fait remonter l'anneau-piston qui conserve toujours l'une de ses génératrices en contact avec l'intérieur du cylindre.

Lorsque la cloison reprend sa position verticale, au moment où l'anneau atteint le point le plus élevé de sa course, il y a un instant communication entre tout l'intérieur du cylindre servant de boîte à vapeur, et l'échappement (par le deuxième robinet). Aussitôt après, l'évidement du genou découvre à nouveau la lumière du premier robinet, et il y a une admission nouvelle de vapeur, avec reproduction du cycle qui vient d'être décrit

Le graissage des pièces mobiles dans ce moteur est obteuu par un seul graisseur qui lubrifie tous les organes. L'huile est introduite dans la cavité du chapiteau où se meut la cloison; dans l'épaisseur de celle-ci sout ménagés des conduits aboutissant dans l'intérieur de l'anneau-piston, par lesquels l'huile descend et vient baigner la came, la couronne de billes avec les chemins de roulement, et l'arbre moteur, c'est-à-dire toutes les surfaces frottantes.

L'étanchéité absolue, qui constitue la difficulté principale des machines rotatives, et qui a été rarement obtenue, est atteinte dans le système Tihon par des procédés nouveaux. Il faut d'abord remarquer qu'il n'y a jamais de contre-pression dans la boîte à vapeur, puisque celle-ci demeure constamment en rapport avec l'atmosphère. Seule une faible déperdition serait à craindre par les faces latérales de l'anneau-piston. mais cette perte est évitée par le moyen suivant : sur toute la surface des joues de cet anneau, ainsi que sur la cloison, on a ménagé une série d'alvéoles empiétant les unes sur les autres, dans lesquelles ont été introduites à force des bouchons de liège affleurant la surface du métal. Sous l'influence de l'humidité de la vapeur, ces lièges gonflent et viennent s'appliquer exactement contre les faces du cylindre en constituant ainsi un joint parfait à frottement très doux.

Le moteur $2\pi R$, pesant 140 kilogrammes, son volant compris, devra développer normalement 6 chevaux avec de la vapeur à 10 kilogrammes; sa consommation ne dépassera pas, d'après les inven-

teurs, 18 kilogrammes par heure, enfin son encombrement sera très faible : 0m,35 sur 0m,30 et 0m,60 de haut.

Nous pensions pouvoir donner la vue en élévation et en coupe de ce système de machine, mais au moment de mettre sous presse, M. Pierre Arbel nous prévient que le modèle exposé en 1897, n'ayant donné que des résultats insuffisants, il s'est vu obligé d'y apporter des modifications importantes, et, qu'en conséquence, il pense qu'il n'y a pas lieu de montrer, par le dessin, la reproduction du mécanisme intérieur de sa machine, ce qui pourrait fausser les appréciations du public.

Nous accéderons volontiers au désir exprimé par M. Arbel, mais nous profiterons de l'occasion qu'il nous fournit ainsi pour montrer en passant que, malgré les promesses fallacieuses de prospectus habilement rédigés, l'industrie des moteurs légers est encore dans une période de transition et de tâtonnements. Beaucoup d'inventeurs, comme l'auteur du π R 2, cherchent, travaillent, trouvent souvent des choses nouvelles fort intéressantes, mais ils ont le très grand tort de vouloir présenter tout aussitôt comme pratique et industriel, ce qui n'est qu'une ébauche, à laquelle il sera nécessaire de travailler longtemps encore avant que cela puisse marcher sans accrocs constants. Une sage défiance des affirmations des inventeurs; c'est là un principe qu'il est bon de ne pas perdre de vue, puisque tant d'entre eux ont le tort de prendre l'ombre pour la proie.

MACHINE ROTATIVE BROWN. — Le cylindre de cette machine (fig. 71 et 72) contient un piston excentré, dont la section elliptique, mesurée perpendiculairement à l'axe, est égale à la moitié environ de celle du cylindre; ce rapport est également celui des volumes.

Le piston frotte tangentiellement à l'intérieur du cylindre, et une garniture de chanvre assure l'étanchéité sur trois de ses faces. Les

distributeurs oscillants admettent la vapeur entre le cylindre, le piston et chacune des palettes oscillantes. L'échappement s'opère par les canaux qui se présentent alors en face des orifices. Les conduits existent sur tout le pourtour de la machine; le premier contient de la vapeur arrivant de la chaudière, le second sert à l'échappement, disposition assez défectueuse en raison des échanges de chaleur à travers la paroi commune.

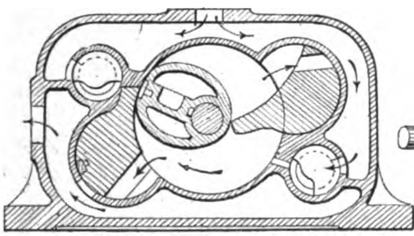


Fig. 71. — Machine rotative Brown. (Coupe).

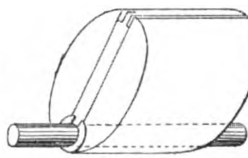


Fig. 72.— Piston elliptique.

Des essais faits sur un moteur neuf de 18 à 20 chevaux auraient donné une consommation de 17 kilogrammes de vapeur par cheval-heure. Les tiroirs sont conduits par un excentrique qui donne la possibilité d'obtenir le degré de détente voulu. Mais malgré cela, le chiffre de 17 kilogrammes paraît bien faible pour une semblable machine, dont l'usure doit être, de plus, assez rapide, puisqu'à l'allure normale de 600 tours à la minute, la vitesse de frottement du piston sur la paroi intérieure du cylindre, est de 10 mètres par seconde.

Moteur Braconnier. — Ce moteur est constitué par un cylindre E (fig. 73) dans lequel se déplace un disque D monté sur une manivelle BC; de façon que le centre B décrive une circonférence autour de l'arbre moteur C, tandis que l'entaille du disque s'incline, en glissant le long du coulisseau G, qui oscille sur l'axe fixe *a*. L'arrivée de vapeur se produit par l'orifice O; l'échappement par l'orifice F.

Lorsque le disque D se déplace de droite à gauche, le coulisseau ouvre l'orifice d'admission et quand le point B, ayant fait demi-tour, est venu en B', le coulisseau est revenu à son point de départ et l'orifice d'admission est fermé ; enfin, le mouvement se continuant,

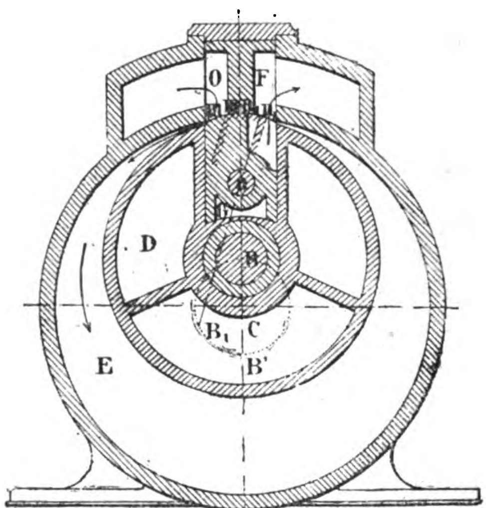


Fig. 73. — Moteur rotatif Braconnier (Elévation en coupe).

l'orifice s'ouvre de plus en plus. La pièce F, ajustée sur le coulisseau, intercepte toute communication entre l'arrivée de vapeur et l'échappement. Afin d'obtenir une plus grande régularité de mouvement, on peut monter sur le même arbre deux disques calés à 180° et l'appareil est double. Dans certains moteurs, le ou les disques forment excentrique et l'arbre ne porte pas de coudes.

TURBINES A VAPEUR. — La machine rotative est-elle bien réellement la machine de l'avenir, ou bien le principe conduisant à faire travailler la vapeur d'un mouvement continu est-il faux ?... L'une et l'autre opinion a été soutenue par des ingénieurs d'une indiscutable compétence, mais constatons seulement que ce principe semble pré-

senter trop d'avantages sur le moteur à mouvement alternatif, pour que l'esprit des inventeurs se lasse de le poursuivre et d'essayer de le réaliser.

Il existe, dans les machines rotatives, deux classes nettement tranchées, suivant que la vapeur agit, soit par expansion dans un volume de dimensions variables, l'une des parois mobiles recueille le travail développé : comme nous venons de le voir; soit par réaction, et alors la vapeur cède à la paroi qu'elle rencontre la force vive qu'elle prend en s'échappant. On donne à cette catégorie particulière le nom de *turbo-moteurs* ou turbines à vapeur.

Dans ces machines, la vapeur n'agit plus par sa pression sur une cloison mobile, mais bien par sa force vive, absolument comme les turbines hydrauliques utilisent la force vive de l'eau et non sa pression. En effet, la vapeur arrivant de la chaudière et pénétrant dans la turbine, se détend complètement pendant le trajet de la valve d'introduction à l'orifice des tubes distributeurs, et arrive sur les aubes de la roue motrice entièrement détendue mais animée d'une vitesse considérable. Comme la densité du fluide ainsi détendu est très faible, cette vitesse constitue le principal facteur de la force vive de la vapeur, et, par suite, de la puissance de la machine.

A la pression de quatre atmosphères, la vitesse de la vapeur atteint 735 mètres par seconde et 892 mètres à dix atmosphères quand l'échappement se fait à l'air libre; si l'échappement s'opère dans un condenseur où la pression n'est que de un dixième d'atmosphère, on obtient une vitesse de 1.070 mètres à quatre atmosphères et de 1.187 mètres par seconde à dix atmosphères. C'est le choc de la vapeur contre les ailettes de la roue à aubes, qui anime celle-ci d'une rapidité formidable, le nombre de tours par minute pouvant dépasser 30.000. On comprend qu'avec de telles vitesses, on peut développer un travail très considérable avec des organes de dimensions excessivement restreintes. L'effort tangentiel est en effet insignifiant et ne

dépasse pas 7 kilogrammes sur une circonférence de 7 centimètres de rayon, à 400 tours par seconde, pour un travail effectué de dix chevaux-vapeur.

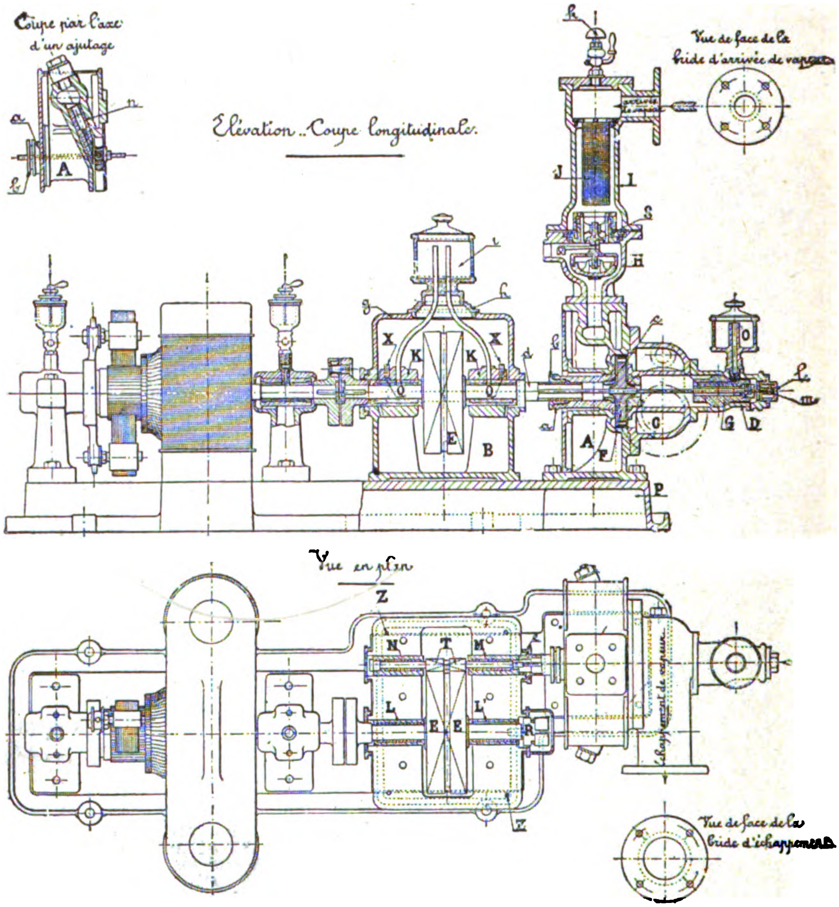


Fig. 74 et 75. — Turbine à vapeur Laval, Coupe du mécanisme.

Le premier modèle de turbine à vapeur qui ait donné des résultats véritablement pratiques, est celui de Parsons, qui date de 1889 et a été notablement perfectionné dans le courant de ces dernières années, puisqu'on a pu l'appliquer à la propulsion de navires à grande vi-

tesse, désignés sous le nom de *turbinias*, et remarquables par le faible encombrement de leur machinerie.

TURBINE A VAPEUR DE LAVAL. — La turbine à vapeur de Laval, introduite en France par M. l'ingénieur Sosnowski, est particulièrement bien étudiée et remarquable par sa consommation de vapeur relativement peu élevée. Elle se compose d'une roue à aubes, sur laquelle la vapeur complètement détendue est amenée par un ou plusieurs ajutages inclinés; cette roue est montée sur un axe en acier mince et flexible, destiné à empêcher toute torsion par l'effet de la force centrifuge à la circonférence de la roue. L'extrémité de cet axe porte un pignon en acier à double, denture hélicoïdale destinée à venir engrener avec une grande roue dentée, et former ainsi le train d'engrenages nécessaire à la réduction de vitesse. Les dents de ces engrenages sont inclinées à 45° en sens inverse et constituent ainsi des *chevrons* présentant le grand avantage, sur les engrenages à denture hélicoïdale simple, de n'effectuer aucune poussée sur les arbres, dont ils empêchent au contraire les mouvements longitudinaux.

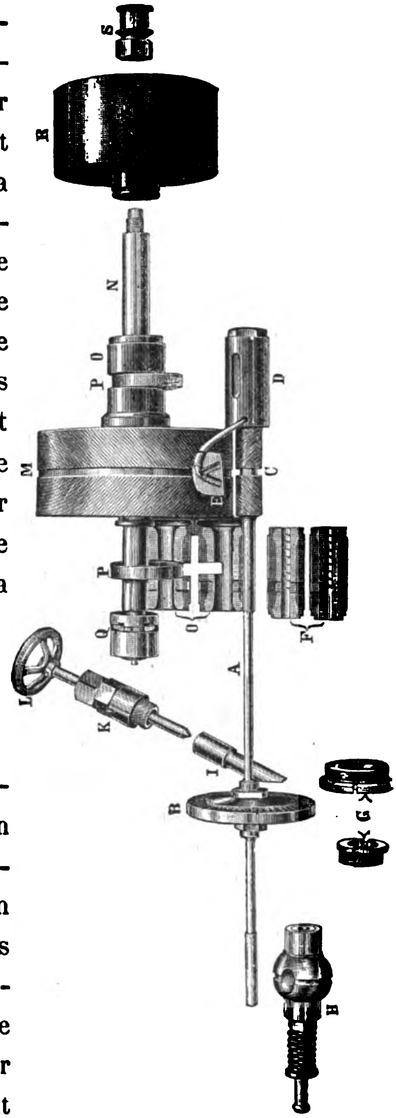


Fig. 76. — Turbine à vapeur de Laval. Principaux organes.

La roue à aubes tourne dans une chambre en fonte munie d'un couloir de distribution de vapeur avec six ou huit ajutages coniques destinés à diriger le jet de vapeur sur les aubes; la grande roue dentée et le pignon qui la commande sont renfermés à leur

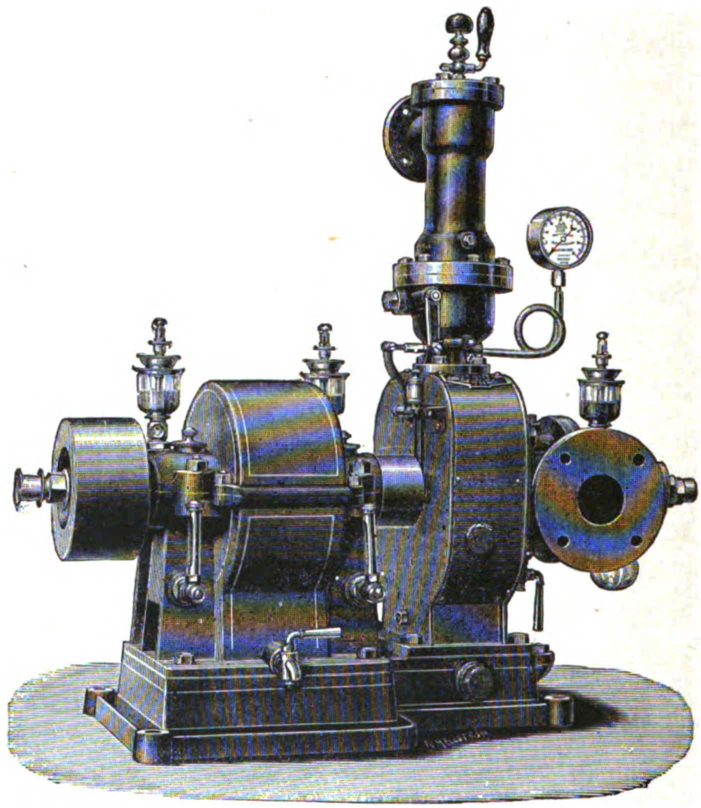


Fig. 77. — Vue d'ensemble d'un turbo-moteur Laval de 5 à 30 chevaux.

tour dans un autre tambour en fonte faisant partie de la machine. La circulation de l'huile de graissage est bien étudiée. L'arbre de la roue motrice se trouve supporté par trois paliers très longs et garnis de coussinets en bronze avec interposition de métal antifriction; l'arbre du grand engrenage, supportée par deux paliers

analogues, reçoit à l'une de ses extrémités la poulie de commande et à l'autre le régulateur à force centrifuge.

En résumé, la turbine à vapeur Laval constitue un excellent moteur à grande vitesse, de poids et de dimensions très réduits, et dont la consommation de vapeur n'a rien d'exagéré. Ce système a déjà reçu de nombreuses applications, et il présente un certain avenir (1).

(1) Dans une étude sur «Certains phénomènes qui accompagnent les grandes vitesses de rotation», présentée par M. James F. Melroy à l'*Albany Institute* et parue récemment dans *The Electrical World*, nous relevons de curieuses observations sur la marche des turbines à vapeur.

«Dans la construction des appareils à grande vitesse, on rencontre une difficulté spéciale provenant d'une vibration de l'arbre de la turbine, vibration absolument distincte de celle qui peut être imputable au montage de cet arbre. Elle se manifeste à intervalles fixes, séparés par plusieurs milliers de tours, et correspond à certaines allures lorsque la vitesse s'écarte soit en augmentant, soit en diminuant, d'un régime déterminé. Cette vibration secondaire est généralement attribuée à une construction imparfaite de la turbine ou à son montage. On prétend que le centre de gravité ne correspond pas avec le centre de l'arbre, ce qui entraine un mouvement excentrique et, par suite, une vibration latérale. D'après ce que j'ai vu, je ne crois pas que cette explication soit juste, car la vibration de l'arbre serait constatée à toutes les grandes vitesses, tandis qu'en fait, elle se présente seulement à certaines vitesses, entre lesquelles la marche est silencieuse et uniforme. J'ai maintes fois observé que la turbine tourne silencieusement, tant que la vitesse se maintient à 3.500 tours par minute; mais que, si l'on veut dépasser ce nombre, elle commence à vibrer et l'arbre se déplace de 6 à 12 millimètres, assez pour faire craindre un choc de la roue contre son enveloppe. Une fois cette vitesse critique dépassée, la turbine reprend un régime régulier et marche sans bruit (quietly) jusqu'à ce que la vitesse soit près de doubler, et alors reprend la vibration et aussi la difficulté de forcer davantage la vitesse. En ramenant celle-ci à sa valeur d'origine les mêmes perturbations se reproduisent aux points critiques.

J'ai été surpris de voir que, pendant les périodes de vibrations violentes, on pouvait atténuer sensiblement leur effet et dépasser le point critique en appuyant doucement sur l'arbre avec une barre de bois. J'ai également essayé de placer une bague d'alliage dans un support élastique autour de l'arbre, de manière que celui-ci touche seulement lorsqu'il commence à vibrer, et on a pu ainsi réduire beaucoup la violence des vibrations.»

Peut-être des remarques analogues ont-elles été déjà faites par les constructeurs de turbines à vapeur: les faits cités par M. Melroy n'en sont pas moins intéressants et les moyens de prévenir les accidents aux changements d'allure sont à retenir.

CHAPITRE IV

MOTEURS A GAZ, A PÉTROLE ET A BENZINE

THÉORIE DES MOTEURS A EXPLOSION.
COMPARAISON AVEC LA VAPEUR. — CYCLE DE FONCTIONNEMENT.
COMPRESSION. — DISTRIBUTION.
CLASSIFICATION DES MOTEURS A EXPLOSION.
LE GAZ, L'AIR CARBURÉ, LE PÉTROLE. — L'ALLUMAGE.

« Toutes les machines motrices employées dans l'industrie tirent leur puissance de la chaleur, et les moteurs animés eux-mêmes ne font point exception à cette loi générale (1). Il y a corrélation intime entre la chaleur, qui n'est qu'une forme particulière de l'énergie et le travail. La loi d'équivalence a été formulée par Mayer et constitue le premier principe de la thermodynamique. Elle peut s'énoncer comme suit :

« *Toutes les fois qu'un corps produit ou subit un travail, il disparaît ou il apparaît de la chaleur, et il existe un rapport unique et constant entre les quantités de travail et de chaleur qui dépendent les unes des autres dans ces phénomènes.* »

Ce rapport unique et constant a été déterminé par l'expérience, et comme on a adopté la *calorie* comme unité de chaleur et le *kilo-*

(1) *Petite Encyclopédie Électro-mécanique*, vol. VI. « Le Conducteur de Moteurs à gaz et à pétrole », page 48, (2e édition). Librairie Bernard et Cie éditeurs.

grammètre comme unité de travail, ce rapport est égal à 424. Ainsi la chaleur nécessaire pour élever de 1° C. la température de 1 kilogramme d'eau (ou calorie) est précisément égale au travail à développer pour élever un poids de 424 kilogrammes à 1 mètre de hauteur et inversement.

Dans toutes les machines thermiques connues jusqu'à présent, la chaleur est transformée en énergie de mouvement par l'intermédiaire d'un corps quelconque, vapeur d'eau, air, gaz, etc., et non pas directement. La chaleur ne peut être changée en électricité sans perte considérable, on ne sait encore transformer une quantité donnée de calorique en une quantité équivalente de travail, et toutes les machines, même les plus parfaites comme construction, ne sont que des transformateurs très défectueux dont nos descendants riront. On peut rappeler comme exemple le rendement de la machine à vapeur qui, dans les meilleures conditions, brûle 1 kilogramme de charbon (soit 8.000 calories équivalant à 3 400.000 kilogrammètres) et ne donne que 400.000 kilogrammètres disponibles sous forme de mouvement, c'est-à-dire avec une perte de plus de 80 % !

Cette absorption énorme de force, que l'on cherche à réduire par tous les moyens possibles, démontre que le principe sur lequel sont basées toutes les machines thermiques est défectueux; aussi est-il permis de croire que l'on fera mieux, et que l'avenir nous réserve bien des surprises.

Actuellement, la quantité de travail utilisée dans une quantité donnée de chaleur est le rapport existant entre la température de l'échappement et celle de l'admission. C'est là la seconde loi de la thermodynamique, que Sadi Carnot a énoncée comme suit dès 1823 :

« *Lorsqu'un corps est successivement mis en communication avec une source de chaleur faisant office de foyer, et avec un réfrigérant, et que les échanges de chaleur se font à température constante, le rapport de la quantité de chaleur fournie par le*

foyer à celle qui est reprise par le réfrigérant est indépendant de la nature du corps et ne dépend que de la différence de température entre le point de départ et celui d'arrivée. »

On se demandera pourquoi il est impossible d'augmenter à volonté cet écart entre les températures. Nous répondrons que c'est en vertu d'un fait naturel, parce que nous ne disposons d'aucun réfrigérant qui soit au zéro absolu de la nature, c'est-à-dire à 273° au-dessous de zéro du thermomètre.

« Il est aussi impossible de transformer tout le calorique disponible en travail, dit M. Witz dans son ouvrage sur les *Moteurs à gaz et à pétrole*, qu'il l'est d'actualiser tout le travail potentiel d'une chute d'eau, en captant comme hauteur de chute la distance verticale du bief d'amont au centre de la terre vers lequel la gravitation tend à faire converger sa masse. Refroidir un gaz au zéro absolu est aussi impossible quoique aussi nécessaire que d'atteindre le centre de notre globe. »

C'est donc le rapport entre le nombre de kilogrammètres recueillis et le nombre de calories dépensées qu'il faut augmenter autant que possible par la perfection des machines, et qui détermine la valeur économique de celles-ci. Or, les moteurs à gaz permettant un écart de température plus accentué que ceux à vapeur, la température explosive pouvant atteindre momentanément 1600° dans ces appareils, il en résulte que leur coefficient de rendement est, par suite, plus élevé. La principale difficulté qui survient dans la pratique et s'oppose à l'élévation indéfinie de la température du foyer, réside dans la nature des pièces constituant les mécanismes et qui sont forcément métalliques. A 400° C. la tôle est portée au rouge sombre, et, à son contact, les lubrifiants se décomposent et perdent leurs propriétés. Dans l'air à 300°, les huiles s'oxydent déjà et se transforment en un cambouis épais se solidifiant peu à peu. C'est donc par suite de l'impossibilité pratique où on se trouve de lubréfier les surfaces frottantes, que le

rendement des moteurs à gaz est actuellement limité, et cette température première ne pourra être surélevée que lorsqu'on aura découvert une substance insensible à la chaleur et que le graissage pourra être opéré aux températures les plus hautes. Jusque-là, on sera obligé de refroidir la paroi du cylindre et perdre ainsi volontairement une grande partie du calorique développé et qui ne peut être utilisé. C'est dire que les moteurs à gaz actuels sont encore susceptibles de grands perfectionnements, car leur fonctionnement ne réalise pas encore les conditions fondamentales d'un cycle parfait.

En ce qui concerne la *forme* même du cycle sur lequel est basé le moteur à explosion, il paraît difficile d'imaginer quelque chose de réellement nouveau, tant sont nombreux et variés les modèles actuellement dans le commerce. Toutes les combinaisons possibles paraissent avoir été épuisées; leur nombre n'est d'ailleurs pas illimité, et à tout instant on rencontre dans des types différents des organes ou des dispositions empruntées à d'anciens systèmes, et qui avaient été décrites dans les premiers brevets des créateurs du moteur à gaz. Bien des constructeurs ont reproduit, souvent sans y rien changer, même dans les détails, des dispositifs déjà indiqués par Lebon, Barnett, le Dr Otto, ce qui démontre bien que les inventeurs tournent maintenant dans un cercle fermé et sont obligés de marcher dans les traces de leurs devanciers sans pouvoir innover quoi que ce soit. A part quelques insignifiantes modifications de détail, tous les moteurs à gaz modernes se ressemblent et leur classification se trouve en être ainsi beaucoup facilitée. Pour nous, et afin de diversifier du premier coup les divers systèmes de moteurs actuels, nous les considérerons d'abord suivant la nature du mélange gazeux dont l'explosion détermine l'action motrice.

1° Moteurs à gaz de ville (gaz hydrogène bicarboné ordinaire).

2° Moteurs à gaz pauvres (gaz de gazogènes, etc.).

3° Moteurs à air carburé (chargé de vapeurs de pétrole).

4° Moteurs à pétrole lampant (gazéifié et vaporisé par un jet d'air).

Si nous voulons maintenant classer les moteurs à gaz d'après leur mode de fonctionnement et quelle que soit la nature du mélange les alimentant, nous pourrons les différencier comme suit :

1° Moteurs à gaz à explosion sans compression.

2° Moteurs à gaz à explosion avec compression préalable du mélange.

3° Moteur à gaz à combustion avec compression.

4° Moteurs à gaz atmosphériques et mixtes.

Le premier moteur à gaz, créé en 1860 par Lenoir, représente le premier type : pendant la moitié de sa course avant, le piston aspire un mélange d'air et de gaz, puis, la communication du cylindre avec l'atmosphère étant interrompue, l'explosion se produit qui chasse le piston à bout de course; pendant son retour à sa première position, le tuyau d'échappement est ouvert et le piston refoule alors les résidus gazeux. Au lieu de laisser s'enflammer sous la pression atmosphérique seule le mélange aspiré, on peut le comprimer d'abord dans un prolongement du cylindre moteur appelé *chambre de compression.*

Cette adjonction caractérise les moteurs du second type, de beaucoup les plus nombreux maintenant. On peut encore faire brûler graduellement ce mélange sous une pression constante au lieu de le faire détoner brusquement ; c'est ce procédé qui a été adopté, notamment, par Brayton, par Simon et Gardie et par Diesel et qui forme le troisième type. Enfin, dans la quatrième catégorie, l'explosion ne sert qu'à produire le vide dans le cylindre sous le piston; ce n'est que dans sa course descendante et sous l'influence de la pression atmosphérique seule, que l'action motrice se produit et que l'échappement s'opère. Hâtons-nous de dire que ce système est maintenant abandonné, de même que le dispositif mixte qui consistait à profiter de la course ascendante du piston sous l'effet de l'explosion pour produire une action motrice. Dans ce dernier procédé, on a une marche

à double effet, mais quand même peu économique et qui a dû céder le pas aux moteurs à explosion et compression.

Dans la plupart des moteurs actuels, on obtient une compression initiale des gaz en faisant aspirer le mélange pendant toute la course directe du piston et en le comprimant pendant toute la course rétrograde; c'est seulement lorsque le piston se meut de nouveau dans le sens direct, que l'explosion se produit. Les phases du cycle parcouru sont donc les suivantes :

Première course directe . . .	aspiration du mélange
— rétrograde . .	compression —
Deuxième course directe . . .	explosion et détente
— rétrograde . .	expulsion des gaz brûlés

Sur quatre courses du piston, il n'y en a qu'une seule d'utile, pendant laquelle s'opère l'explosion et la détente. Ce fonctionnement, dit *à quatre temps,* celui de presque tous les moteurs actuels, car les autres cycles, tels que ceux à deux temps, où la compression est produite dans un cylindre séparé, et à six temps, où une chasse d'air est produite pour assurer l'expulsion complète de tous les résidus de la combustion, sont abandonnés.

Ce qui constitue la principale supériorité du moteur à explosion sur la machine à vapeur, c'est la suppression de tout générateur, de toute chaudière encombrante. C'est dans la chaudière que s'effectue la première opération du cycle de Carnot, la production d'un certain volume de vapeur à pression constante; dans les moteurs à gaz c'est dans le cylindre même, sous le piston, que se fait cette opération, et, comme la transformation est presque instantanée, les pertes de chaleur sont très diminuées, et l'on peut penser que si le cycle parcouru par les gaz chauds transformait toute l'énergie disponible en travail utile, le rendement se rapprocherait de l'unité.

Mais il n'en peut être ainsi dans la pratique, car, ainsi que nous l'avons expliqué plus haut, on se trouve obligé, par suite de la tem-

pérature, élevée des gaz de refroidir le cylindre de ces moteurs à l'aide d'une circulation d'eau, de façon à pouvoir graisser, et la chaleur perdue de ce chef peut se monter à 50 % de la chaleur totale disponible. D'un autre côté, les gaz brûlés, lorsque leur pression est tombée à une pression voisine de celle de l'atmosphère, sont encore à une température élevée et l'émission des gaz à cette température, qui doit théoriquement atteindre près de 1000° absolus, est une nouvelle cause de perte.

Après l'explosion, la température atteinte est d'environ 2.000° absolus, de sorte que si l'émission se fait à 1000°, c'est encore une perte de 50 % de la chaleur totale disponible.

A première vue, on serait tenté de croire que si l'on perd 50 % d'un côté et 50 % d'un autre, il n'y aura plus de chaleur disponible pour produire du travail. Il n'en est cependant pas ainsi, car les 50 % de la chaleur perdue à l'émission portent sur la chaleur disponible, abstraction faite de la chaleur perdue par l'eau de refroidissement.

Si nous désignons par Q_t la chaleur totale dégagée par l'explosion, la perte due au refroidissement sera $Q_t.\frac{100}{50}$, de sorte que la chaleur transformable en travail ne sera plus que

$$Q'_t = Q_t - Q_t.\frac{50}{100} = \frac{Q_t}{2}.$$

Les 50 % de cette chaleur Q'_t sont emportés par les gaz chauds à l'émission, et la chaleur transformable en travail deviendra :

$$Q_u = \frac{Q'_t}{2} = \frac{Q_t}{4} = 25 \text{ \% de } Q_t$$

En pratique, on n'obtient même pas ce résultat ; un rendement de 20 % est considéré comme très avantageux, et il n'y a que dans le système allemand Diesel, de construction récente, que l'on a pu atteindre, pendant les expériences, ce rendement théorique.

Jusqu'à présent, nous avons appelé rendement d'un moteur, le rapport de chaleur transformée en travail à la chaleur totale produite. Une partie du travail total est utilisé pour produire du travail extérieur disponible sur l'arbre moteur; mais une autre partie de ce travail est absorbée par la machine elle-même pour vaincre les résistances passives constituées par le frottement du piston, et des divers organes de distribution et de transmission. Nous conviendrons donc de désigner sous le terme de *rendement organique* le rapport du travail recueilli sur l'arbre moteur au travail théoriquement disponible, Si nous désignons par μ_o ce nouveau rendement, par W_t, le travail théoriquement disponible, et par W_u le travail utile, nous aurons :

$$\text{Rend. org.} = \mu_o = \frac{W_u}{W_t} = \frac{W_t - W_p}{W_t},$$

W_p désignant les pertes d'énergie dues aux résistances passives.

Si μ_c désigne le rendement calorimétrique du moteur et W_T l'énergie totale due à la combustion des gaz, on aura également :

$$\mu_c = \frac{W_t}{W_T},$$

de telle sorte que le rendement utile μ_n sera égal à

$$\mu_u = \frac{W_u}{\frac{W_T}{\mu_c}} = \frac{\mu_o W_t}{W_t} = \mu_o \mu_c.$$

On voit donc que le rendement utile d'un moteur est égal au produit du rendement calorimétrique par le rendement organique. Ce dernier varie peu et ne dépend, pour un moteur, que du soin apporté dans la construction. C'est surtout le rendement calorimétrique qui est susceptible d'être augmenté.

Jusqu'à présent, un des moyens qui donne le meilleur résultat est de créer, au moment de l'explosion, une compression relativement

considérable. Il est, du reste, facile de se rendre compte des avantages que cette compression *isothermique* peut procurer.

Soit v le volume du gaz au moment de l'explosion, P sa pression et Q la chaleur que développe ce gaz en brûlant. Si la compression a été isothermique, la température finale et la pression résultante seront les mêmes quel que soit le degré de compression. La pression P du mélange sera donc d'autant plus grande que la compression aura été plus forte sans que la température du mélange soit modifiée. Nous savons d'autre part que plus la pression initiale sera forte, plus nous pourrons pousser la détente avant d'arriver à la pression atmosphérique et, par conséquent, plus la température des gaz à l'échappement sera basse, ainsi que la perte résultant de la chaleur emportée par les gaz.

La compression adiabatique n'offre pas les mêmes avantages, parce que la température des gaz avant l'explosion se trouve élevée par cette compression, de sorte que, lorsque l'explosion se produit, la température atteinte est plus forte que si on n'avait pas comprimé le gaz.

Les moteurs à quatre temps sont très défavorables à ce point de vue, parce que les gaz sont comprimés dans le cylindre du moteur même qui se trouve à une haute température, ce qui a pour effet d'augmenter encore celle des gaz avant l'explosion.

Comme dans les machines à vapeur, il y a avantage à augmenter la vitesse du moteur pour réduire les pertes de chaleur dues à l'action des parois. Il est évident que moins les gaz chauds resteront en contact avec les parois du cylindre, moins il y aura de chaleur emportée par l'eau de circulation. Mais, si l'on augmente la vitesse, il ne faut pas oublier que les pertes dues au frottement augmentent également et il arrivera un moment où, ce que l'on gagnera en chaleur disponible sera absorbé par l'accroissement des résistances passives.

Ces quelques généralités théoriques une fois posées, nous aborderons l'examen des parties fondamentales communes à tous les moteurs à quatre temps.

Distribution. — De même que dans les machines à vapeur, la distribution peut s'opérer, dans les moteurs à gaz, par tiroirs ou soupapes, mais ce sont ces dernières que l'on emploie plus généralement parce qu'elles donnent toute facilité pour obtenir une étanchéité complète.

Le problème de la distribution est du reste très simple au point de vue cinématique. Il n'est plus besoin, comme dans une distribution de vapeur, de recourir au diagramme de Zeuner pour assurer le degré de détente voulu et les avances convenables à l'admission et à l'émission. Le problème se réduit simplement à ouvrir, en un point déterminé de la course du piston, la soupape d'admission du mélange gazeux, en lui permettant de retomber sur son siège au moment où l'explosion va se produire. Une autre soupape qui sert à l'échappement des gaz brûlés doit s'ouvrir pendant toute la durée de la course rétrograde.

Ces deux opérations sont caractéristiques d'un moteur à deux temps avec compression dans un cylindre spécial. Dans un moteur à quatre temps, elles ne doivent avoir lieu qu'une fois tous les deux tours au lieu de se succéder à chaque tour. Il est donc nécessaire que le mécanisme commandant le mouvement de ces soupapes soit monté sur un arbre intermédiaire faisant un tour pour deux sur l'arbre moteur.

Le fonctionnement d'un moteur du cycle à quatre temps se conçoit facilement. Les soupapes d'admission et d'échappement sont commandées par deux cames convenablement disposées sur une transmission intermédiaire, mais il serait possible de ne faire usage que d'une seule came commandant les mouvements de la soupape d'admission. L'autre soupape fonctionne d'elle-même; lorsque le piston a refoulé les gaz brûlés, l'effort d'aspiration qu'il produit en s'éloignant du fond du cylindre est assez considérable pour vaincre la tension du ressort maintenant la soupape sur son siège et aspirer la cylindrée suivante.

Pendant la course rétrograde, la soupape d'admission se ferme d'elle-même et les gaz sont comprimés jusqu'au moment où l'explosion se produit.

Ces règles souffrent cependant des exceptions. Dans certains moteurs (P. Gautier, Moreau, Berrenberg, Deliry, Le Brun, Roser-Mazurier...), la soupape d'admission est manœuvrée mécaniquement. Dans quelques autres, comme le moteur Tenting les soupapes d'échappement sont actionnées par un excentrique. Dans le moteur Rossel, elles le sont par un tourteau (monté sur l'arbre moteur, entre les deux plateaux-manivelles), muni d'une rainure, qui en fait deux fois le tour; cette rainure est parcourue par deux boutons reliés aux soupapes par des leviers articulés. Dans le moteur Gibbon la distribution est faite par une soupape qualifiée d'unique, mais qui est compliquée d'un tiroir. Dans le moteur Dawson qui peut fonctionner au pétrole lampant, il n'existe plus de soupapes manœuvrées par cames ou leviers; elles sont remplacées par des orifices pratiqués dans le fourreau cylindrique, constituant le piston, et dans le cylindre lui-même; le piston, par le mouvement circulaire dont il est animé, amène en temps voulu ces orifices en face les uns des autres.

C'est un procédé analogue que met en œuvre la distribution du moteur Conrad. Dans la même catégorie des moteurs à deux temps, nous trouvons des distributions à deux soupapes automatiques (Loyal), et à soupape automatique d'admission et tiroir circulaire d'échappement manœuvré par une came (Dufour).

Ajoutons que les moteurs actuels à quatre temps tournent couramment à 600 ou 700 tours (parfois à 1.000 et 1.500) et donnent par cela même une très grande régularité : on est bien loin des résultats fournis par les 150 ou 200 tours initiaux de Daimler. D'ailleurs, les moteurs à quatre temps ont l'avantage de consommer moins que les moteurs à deux temps. Nous verrons cependant le cycle à deux temps appliqué par MM. Loyal, Conrad, Dufour,... comme aussi, nous

verrons un moteur, celui de M. François Goret, marcher à six temps, les cinquième et sixième étant destinés à effectuer dans les cylindres une chasse d'air pur, de manière à avoir toujours un mélange carburé uniforme, s'enflammant bien, cette chasse a, en outre, l'avantage de refroidir le cylindre.

Classification des moteurs a explosion. — Pour en terminer avec la théorie des moteurs à explosifs, nous reproduirons, d'après notre *Petite Éncyclopédie Électro-mécanique*, le tableau de classification de ces moteurs, afin de se rendre exactement compte du principe sur lequel sont basés les divers systèmes actuellement en usage.

1er TYPE sans compression	2e TYPE avec compression	3e TYPE combustion et compression	4e TYPE atmosphérique
1° Aspiration du mélange sous la pression atmosphérique.	1° Aspiration du mélange sous la pression atmosphérique.	1° Aspiration du mélange sous la pression atmosphérique.	1° Aspiration du mélange sous la pression atmosphérique.
	2° Compression du mélange d'air et gaz.	2° Compression du mélange.	
2° Explosion à volume constant. Action motrice.	3° Explosion à volume constant. Action motrice.	3° Combustion à press. constante. Action motrice.	2° Explosion à volume constant en course libre.
3° Détente.	4° Détente.	4° Détente.	3° Détente.
			4° Refoulement du piston par la pression atmosphérique. Action motrice.
4° Refoulement et échappement des produits de la combustion.	5° Refoulement et échappement des produits de la combustion.	5° Refoulement et échappement des produits de la combustion.	5° Refoulement et échappement des produits de la combustion.

La liste des moteurs à explosion non pas seulement brevetés, mais construits et expérimentés dans le courant de ces vingt dernières années tiendrait plusieurs pages, et nous renverrons pour leur des-

cription aux ouvrages de M. A. Witz, sur les *Moteurs à Gaz et à Pétrole*, où l'on trouvera tous les détails relatifs à ces innombrables systèmes, en réalité fort peu différents l'un de l'autre. Notre but est plus modeste et nous devons nous borner à faire connaître dans cet ouvrage les modèles de puissance restreinte, que leur simplicité est leur légèreté désignent pour les besoins de la locomotion terrestre, maritime ou aérienne. Nous nous bornerons donc à décrire, dans les chapitres suivants les moteurs dont voici les noms :

Peugeot	Bouvier-Dreux	Pennington
Daimler (Phénix)	Nicolas	Davis
Benz	Briggs	Moreau
Lepape	Conrad	Loyal
Tenting	Dufour	De Dion-Bouton
Le « Pygmée »	Le « Britannia »	Dawson
Ravel	Hunter	Hamilton
Lützmann	Goret	Klaus
Berrenberg	Lalbin	Tavernier
Vernet	Forest	Ganz de Fabrice
Rowbotham	Astresse	Bouilly
Rootz	Capitaine	Gondin
Darracq	Baris-Loutzky	Goujon
Dorey	Gautier-Wehrlé	Auriol
Parker	Lanchester	Bollée
Roser-Mazurier	l'*Aster*	Werner

La plupart de ces moteurs peuvent fonctionner à volonté, soit avec du gaz d'éclairage ou des hydrocarbures, mais le plus souvent, comme ils sont destinés à fonctionner d'une façon indépendante et loin de toute canalisation, ils consomment de l'air carburé par son passage à travers un bac rempli d'essence de pétrole, benzine, gazoline, etc., d'une densité moyenne inférieure à 700. Le mode de saturation de l'air varie suivant les constructeurs, et il existe un assez grand nombre de systèmes de carburateurs que nous décrirons dans le chapitre suivant.

Remarquons en passant qu'il y a une très grande différence entre

les moteurs à air carburé et les moteurs à pétrole proprement dits, car ces derniers font usage, non d'essence légère dégageant des vapeurs combustibles à la température ordinaire, mais de pétrole lampant d'une densité de 800. Ils sont plus économiques que les précédents ; le prix de l'huile lourde étant sensiblement inférieur à celui de l'essence, mais ils exigent un appareil spécial pour la volatilisation du pétrole avant son introduction dans le cylindre. A égalité de puissance, ils sont plus lourds que les moteurs à gazoline, et jusqu'à présent ils ont été plutôt appliqués aux besoins de l'agriculture, bien qu'ils rendent également de très bons services dans diverses industries en raison de l'économie qu'ils permettent de réaliser sur le coût de la force motrice. Signalons parmi les meilleurs modèles ceux de Priestman, de Capitaine, le *Gnome*, de Séguin, le *Facile*, le *Succès*, le *Progrès*, le *Parisien* et ceux de Merlin, de Brouhot, de Campbell, de Grob et d'Akroyd.

Le combustible qui reste le plus convenable, à condition de ne jamais omettre, pour son emploi, toutes les précautions nécessitées par les manipulations de liquides aussi inflammables, est donc la gazoline et l'essence légère de pétrole. Les moteurs qui l'utilisent ont été les plus étudiés par les ingénieurs, et, comme nous le verrons plus loin, c'est dans cette catégorie que l'on rencontre les machines les plus légères pour une puissance donnée, ainsi que celles dont la consommation est la plus restreinte. Ainsi on est arrivé à ne consommer que 300 grammes de pétrole par cheval-heure, chiffre qui montre toute la supériorité du moteur à air carburé sur la vapeur qui exige, — dans les types légers de moyenne puissance, — un poids de combustible et d'eau de 15 kilogrammes par cheval-heure, c'est-à-dire des approvisionnements près de cinquante fois plus importants pour une même durée et un même travail développé.

CHAPITRE V

LES CARBURATEURS

DESCRIPTION DES PRINCIPAUX SYSTÈMES DE CARBURATEURS POUR MOTEURS A PÉTROLE.

Nous avons dit, dans le précédent chapitre, que si l'on sature, à la température ordinaire, l'air de vapeurs d'essences volatiles telles que la gazoline, la benzine, enfin les hydrocarbures légers extraits du pétrole, on forme un mélange combustible qui présente toutes les propriétés du gaz d'éclairage, et peut être, comme ce dernier, employé dans les moteurs à explosion basés sur les principes énoncés plus haut. Mais les procédés adoptés pour produire la carburation de l'air et les appareils propres à réaliser cette opération varient quelque peu, et nous devons consacrer un chapitre spécial à leur étude, avant de décrire les moteurs dont ils constituent en quelque sorte la chaudière. Voici donc la description des modèles qui ont reçu la sanction de la pratique et sont employés actuellement, soit pour l'automobilisme soit pour d'autres applications.

Gaz Mille. — Cet appareil a été créé vers l'année 1880 plutôt pour l'éclairage au gaz que pour les moteurs, bien qu'il eût pu donner, là aussi, des résultats satisfaisants. En principe, l'air est appelé dans un récipient à essence minérale par suite de la volatilisation et de la chute même de la vapeur de carbure qui est plus dense que

l'air. Ce réservoir est placé à un niveau supérieur aux brûleurs auquel il est relié par une tuyauterie. Le succès remporté par ce dispositif a encouragé les inventeurs à le perfectionner. Le carburateur Lafrogne est un des plus anciens : la saturation y est obtenue à l'aide d'un petit moteur à air chaud. Dans les systèmes Hearson, Pluyer et Muller, de Birmingham, dans les types « Eclipse » et « Phœbus », c'est un compteur mis en mouvement par la descente d'un poids qui fait l'office de ventilateur pour l'appel d'air. Enfin, dans le gazogène Rouillé, c'est une sorte d'injecteur Giffard qui déplace l'air. Le carbure se volatilise dans une petite cornue chauffée par la flamme d'un brûleur et s'échappe par un orifice très étroit dans un canal aboutissant au gazomètre, en entraînant l'air extérieur qui est appelé par un orifice latéral.

Appareil Faignot. — Le compteur d'appel, actionné par un tournebroche, aspire l'air extérieur et le refoule dans des caisses de grande surface, divisées en plusieurs étages par des claies poreuses et contenant la gazoline; un jeu de robinets permet d'ouvrir alternativement les caisses et de maintenir constante la richesse du gaz produit. La carburation est ainsi très méthodique. L'appareil a paru en 1885 à l'Exposition d'Anvers, et alimentait un moteur Bénier. Il a été surtout appliqué à l'éclairage des villas, châteaux, etc., enfin de toutes les habitations non desservies par une canalisation de gaz, et sa disposition a été imitée par plusieurs constructeurs, tels que Pollack, de Hambourg, et Vilhelm, qui ont fait connaître des carburateurs cloisonnés analogues.

Moteur a air carburé Lenoir. — Les carburateurs pour force motrice ont été étudiés avec plus de soin depuis une dizaine d'années, et en raison de l'extension rapide prise par l'industrie automobile. L'un des plus ingénieux est celui construit par MM. Rouart frères sur

les plans de M. Lenoir, pour l'alimentation du nouveau type de moteur créé par cet inventeur. Le carburateur Lenoir est cylindrique et disposé horizontalement sur un axe qui lui fait accomplir cinq à six tours par minute à l'aide d'un pignon commandé par le moteur lui-même. Des cloisons verticales perforées divisent le cylindre en plusieurs compartiments, et la paroi intérieure est garnie d'augets faisant office de norias; le carbure remplit ces augets et il s'élève avec eux par suite du mouvement de rotation pour se déverser en pluie quand les augets atteignent le point culminant de leur course. L'air se trouve donc saturé de vapeurs combustibles qui sont aspirées pendant le premier temps du cycle. C'est par ce carburateur que sont alimentés les moteurs agricoles et les machines de bateaux de Lenoir. En estimant le prix de la gazoline à 50 centimes (hors Paris), le cheval-heure coûte 0 fr.,32 par ce système.

Carburateur Schrab. — L'idée de cet inventeur est vraiment originale : il remplace l'eau contenue dans la double enveloppe du cylindre, et qui est exigée pour refroidir les parois par l'hydrocarbure à gazéifier. De là, cet hydrocarbure qui est déjà à une température de 80°, passe dans un récipient de carburation à plusieurs compartiments, que traversent les gaz de la décharge; ces gaz ainsi refoulés dans un liquide bouillant se recarburent en se chargeant d'hydrogène, d'oxyde de carbone et autres gaz très combustibles, et ils redeviennent aptes à rentrer dans le cycle, et à produire une nouvelle explosion, à la condition toutefois de retrouver l'oxygène nécessaire à leur combustion. L'inventeur affirme que les gaz de la décharge n'entraînent que le seizième de ce que prendrait de l'air pur traversant de l'essence de pétrole, et il explique ainsi l'économie extraordinaire réalisée par son moteur, qui ne consommerait qu'un litre de gaz par cheval en dix heures de travail. C'est là un résultat vraiment remarquable et qui ferait, s'il est exact, de l'appareil de M. Schrab, un générateur de force d'une économie sans égale.

Carburateur Meyer. — Ce système présente l'avantage de pouvoir utiliser des carbures lourds, autres que les gazolines, et ordinairement de prix moins élevé, et de les volatiliser entièrement. Ces carbures coulent goutte à goutte dans une chaudière lenticulaire en tôle d'acier, de 8 centimètres de diamètre sur 4 de hauteur, chauffée par un bec de gaz.

La vapeur produite a, par suite, une tension très élevée; elle traverse un injecteur d'air avec une très grande vitesse, et pénètre à travers une soupape d'arrêt, dans un gazomètre muni d'un système d'arrêt qui fait baisser la flamme du bec brûleur dès que la cloche est entièrement remplie. L'appareil est donc auto-régulateur, et la proportion de carbure vaporisé est proportionnée à la consommation du moteur. Il paraîtrait que l'air carburé par ce procédé aurait un pouvoir calorifique de près de 10.000 calories, ce qui constituerait un résultat remarquable.

Carburateur Delamare. — M. Delamare-Deboutteville a combiné un carburateur très bien compris, et qu'il adjoint à son moteur *Simplex* pour la marche à l'essence de pétrole.

La gazoline contenue dans un récipient supérieur s'écoule en un filet mince par un robinet et tombe sur une brosse en crin, de forme hélicoïdale, en même temps qu'un jet d'eau chaude provenant de l'eau de réfrigération du moteur. L'élévation de la température favorise l'évaporation du carbure, et les deux liquides tombent ensemble dans un vase clos. La gazoline, débarrassée de toutes ses impuretés, surnage, et, tandis que l'eau est évacuée par un siphon de trop-plein, les vapeurs combustibles se rendent au moteur à travers une valve de sûreté empêchant toute inflammation en retour. Ce dispositif de nettoyage préalable du carbure donne les meilleurs résultats et évite tout encrassement du cylindre, sans aucune perte par le trop-plein.

Carburateur Lothammer. — Autant l'air se charge facilement d'hy-

drocarbures volatils, autant la séparation de ces substances est rapide à se produire; c'est pourquoi il est nécessaire de placer l'appareil aussi près que possible du moteur à alimenter. Dans le système Lothammer le mélange est tellement parfait qu'on pourrait croire à une combinaison de l'air avec les vapeurs de carbure. Ce carburateur est cependant très simple : l'évaporation s'y produit à froid, et la température y est maintenue constante grâce à l'adjonction d'un brûleur. L'air, qui pénètre par la partie inférieure traverse la gazoline par petits filets et se charge très également de vapeurs combustibles. L'appareil Lothammer a reçu d'assez nombreuses applications et donné des résultats avantageux.

Pour être explosible, le mélange d'air et de vapeur d'essence doit être fait dans certaines proportions déterminées. Si à un volume de vapeur, on ajoute huit à dix volumes d'air, on obtient un gaz riche, analogue au gaz d'éclairage, qui brûlerait sans exploser. Il faut, pour avoir un mélange tonnant, ajouter à ce gaz riche encore neuf à dix volumes d'air. Dans la plupart des carburateurs, on retrouve ces deux échelons pour la dilution de la vapeur d'essence, et par suite deux entrées d'air distinctes.

La préparation du gaz riche se fait par l'évaporation de l'essence au contact de l'air, évaporation parfois aidée, surtout en hiver, par circulation autour du liquide d'une partie des gaz d'échappement ou de l'eau qui a refroidi le cylindre. Le contact des deux fluides est obtenu, soit en faisant barboter l'air dans le liquide, soit en l'amenant simplement à lécher l'essence, soit en soumettant cette dernière à une division préalable, et cela nous amène à distinguer trois classes de carburateurs : à barbotage, à simple léchage, à pulvérisation.

Carburateurs a barbotage. — Ils ne sont plus très employés ; en tout cas, il faut proscrire ceux qui ne sont pas à niveau constant. Si, en effet, le gaz ne traverse pas toujours une égale épaisseur de

liquide, il ne s'enrichit pas d'une façon uniforme. Malgré la constance du niveau, l'enrichissement peut varier avec la vitesse de passage de l'air; il varie certainement avec la composition de l'essence, parce que celle-ci abandonne, les premières, ses parties les plus volatiles, et s'appauvrit peu à peu; si bien que, pour avoir une carburation toujours suffisante et éviter l'entraînement des particules solides, qui encrasseraient rapidement le cylindre, on est obligé de vider de temps à autre le carburateur, sans utiliser intégralement l'essence. Le carburateur à barbotage a aussi le défaut d'être trop simple : la constance du niveau est facile à obtenir automatiquement à l'aide d'un flotteur ou par le dispositif des abreuvoirs d'oiseau.

Carburateurs a simple léchage. — Plus nombreux que les précédents, dont ils partagent d'ailleurs les qualités et les défauts, à cela près qu'ils peuvent plus facilement se passer de la constance du niveau, et qu'ils sont peut-être encore plus encombrants.

Les carburateurs Tenting et Benz appartiennent à ce type, comme d'ailleurs le carburateur Lepape : celui-ci consiste en un récipient à enveloppe d'eau chaude où le niveau de l'essence est maintenu constant comme dans un abreuvoir d'oiseau. L'un des plus intéressants du genre est celui de MM. de Dion et Bouton, qui fournit, dans le tricycle de ces constructeurs, un fort bon service.

Carburateur de Dion et Bouton. — Dans ce système, représenté figures 80 et 81, le récipient rempli d'essence jusqu'à un niveau d'ailleurs variable, reçoit l'air à carburer par la cheminée I, qui peut coulisser dans un manchon et porte à sa partie inférieure une plaque de laiton L de manière à amener toujours assez près de l'essence le courant d'air qui, après avoir léché le liquide, remonte le long des parois.

La partie supérieure du carburateur constitue un boisseau contenant deux clés de robinets accolés. A sa droite, le boisseau a une

ouverture *a* communiquant avec le carburateur et un autre *b*, qui s'ouvre à l'air libre; la clé A, mobile autour de son axe, porte une ouverture, qui peut venir en regard de l'orifice *a*, ou de l'orifice *b* ou des deux à la fois.

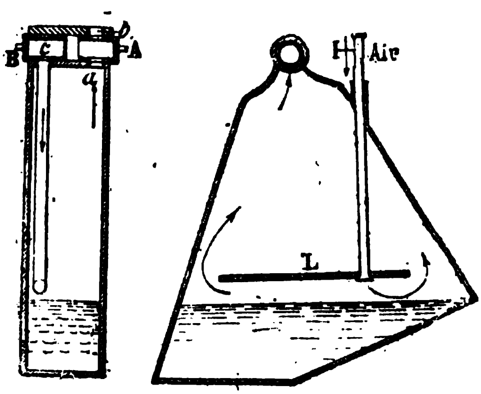


Fig. 80 et 81. — Coupes transversales et verticales du carburateur de Dion et Bouton.

Ce robinet peut donc admettre de l'air pur, ou de la vapeur d'essence pure, ou un mélange des deux dans des proportions variables. Le mélange ainsi gradué à volonté entre dans la clé de gauche B, dont le fond voisin est ouvert; par l'ouverture *e* et son tube de prolongement qui traverse le carburateur, il est envoyé au cylindre. Les robinets A et B sont manœuvrés, à l'aide de leviers, par de petites manettes placées sur le tube supérieur du cadre.

Carburateurs a pulvérisation. — Ce sont les plus employés. Ils ont l'avantage d'être moins encombrants que les autres, de produire une carburation plus uniforme et de ne pas laisser de résidus inutilisables, car l'essence est vaporisée intégralement à mesure qu'elle est amenée au contact de l'air. Ils ont l'inconvénient d'être plus délicats, et souvent de nécessiter, au départ, de l'air chaud, que sur les voitures à allumage électrique, il n'est pas commode de se procurer, — en route, après un repos un peu long, la purge des tuyaux pour les dé-

barrasser de l'essence froide; cela donne lieu à des pertes de liquide, mais qui ne sont pas à comparer avec celles que nécessite la vidange des résidus, du carburateur.

Carburateur Daimler. — Sous sa nouvelle forme, cet appareil est représenté par la figure 82; l'essence arrive du réservoir principal par N, traverse la toile métallique O, sur laquelle restent les particules solides qu'elle peut contenir et, par C, pénètre dans le récipient

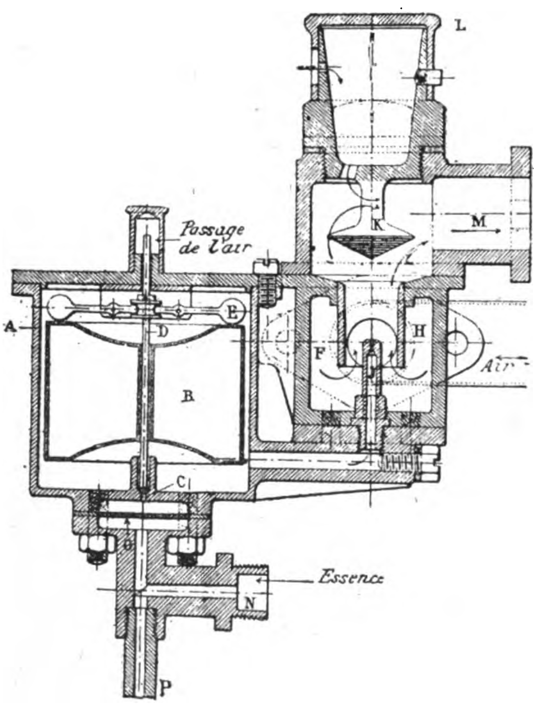


Fig. 82. — Carburateur Daimler.

A. Dès qu'elle y a atteint le niveau de la partie supérieure de l'ajutage J, par lequel elle arrive dans la chambre H, le flotteur B soulève les contrepoids E, et la tige D n'étant plus soutenue colle sur son siège la soupape C; l'arrivée de l'essence est interrompue. Le liquide

affleure donc constamment le niveau supérieur de l'ajutage J. Les deux jets se brisent contre le champignon K et se mélangent intimement. La lanterne L permet d'admettre une proportion d'air pur destiné à ramener le mélange à l'état explosif. Un tuyau P fermé par une vis permet de vider le carburateur, quand on veut le nettoyer.

Carburateur Bollée. — Fort analogue au précédent, dont il diffère par la suppression de la lanterne, qui surmonte la chambre de mélange; l'air n'arrive que par une ouverture latérale, munie d'un cône, destiné à éviter le bruit de l'aspiration, et d'une toile métallique pour empêcher l'entrée des poussières; elle est fermée par une plaque perforée fixe, sur laquelle peut se déplacer une plaque analogue, qui sert à régler à la main l'entrée de l'air, et par suite la richesse de l'air carburé.

Carburateur système Chauveau. — Cette invention consiste en une combinaison perfectionnée d'appareils permettant d'effectuer, soit la carburation de l'air au moyen de la pulvérisation du liquide combustible opérant sa diffusion dans l'air pour constituer le mélange explosif, soit le mélange intime de l'air avec un combustible gazeux dans le même but. La figure 83 représente l'appareil dont voici le fonctionnement : A est l'extrémité du conduit d'admission de mélange explosif dans la chambre d'explosion du moteur. Sur ce conduit A est posé l'introducteur de combustible liquide ou gazeux. Cet introducteur se compose d'une tubulure d'arrivée B, pourvue d'un raccord D sur lequel on branche un tuyau D allant au réservoir ou à la canalisation (non représentée) qui fournit le combustible liquide ou gazeux en charge; dans cette tubulure B, fonctionne une vis E à pointeau *e*, servant de robinet d'introduction réglable du combustible; l'orifice où s'adapte le pointeau *e* débouche dans un canal horizontal F qui aboutit à une colonne creuse verticale G. Ladite colonne G se termine en haut par

une partie pleine dans laquelle sont pratiqués des trous *g* aboutissant à une gorge circulaire H.

Sur cette colonne G s'engaine un fourreau tubulaire I, attenant à une soupape plane ou conique J; la tige J' de cette soupape se prolonge au dehors de l'appareil et repose, par l'écrou K, sur un ressort à boudin L; ce ressort maintient la soupape J appuyée sur son siège.

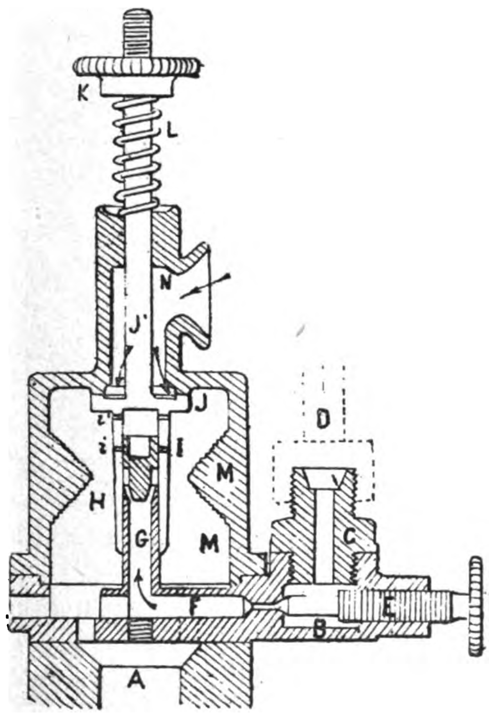


Fig. 83. — Carburateur système Chauveau (Coupe).

L'ajustement du fourreau I sur la colonne J peut être rendu étanche, au besoin, au moyen de garnitures convenables, laissant audit fourreau sa liberté de mouvement.

Par-dessus l'introducteur de combustible vient se poser la chambre de pulvérisation ou de mélange M surmontée d'une tubulure à enton-

noir N, pour l'entrée de l'air libre extérieur; cette chambre de pulvérisation, M, communique avec le conduit A au moyen de trous O percés dans la paroi horizontale de l'introducteur de combustible; ladite chambre M est pourvue intérieurement d'un étranglement circulaire M' en double pente dont les surfaces tronconiques sont rendues rugueuses par des traits de limes. L'appareil ainsi constitué dans son ensemble est fixé sur le sommet du conduit A au moyen de brides à boulons : ses fonctions s'accomplissent comme suit, quel que soit le combustible employé, gaz d'éclairage ou essence de pétrole :

Lorsque le robinet soupape *e* est ouvert, le pétrole arrive par F, G, *g*, dans la gorge H. Cette gorge est enveloppée par le fourreau I et constitue une chambre close quand ce fourreau est remonté et la soupape J fermée. Mais au moment où l'aspiration du piston moteur se fait sentir en A, cette soupape J descend dans la position de la figure 83 et le fourreau I amène sa rangée circulaire de trous *i* en face de la gorge H; sous l'influence du vide, le combustible liquide ou gazeux s'élance en jets à travers ces trous *i* et va se pulvériser contre les parois tronconiques rugueuses M' de la chambre M; en même temps, l'air passe par la tubulure N, il vient se mélanger au brouillard engendré dans la chambre M, et ce mélange se précipite à travers les trous O pour aller charger la chambre d'explosion du moteur.

Quand l'aspiration du piston moteur cesse, la soupape J remonte contre son siège et le fourreau I élève ses trous *i* au-dessus de la gorge H. D'autres trous *i'* percés au sommet du fourreau, permettent à l'air de rester libre dans la capacité supérieure de ce fourreau afin de ne pas gêner ses mouvements d'ascension et de descente.

Carburateur Longuemare. — C'est un carburateur à niveau constant. Le récipient à essence, communiquant avec le réservoir, renferme une sphère creuse, servant de flotteur, et soudée à l'extrémité d'un

levier qui, prenant appui sur un pivot fixe, agit sur une tige dont l'extrémité conique ferme l'arrivée du liquide dès que celui-ci a soulevé la boule d'une quantité suffisante. En E F est le carburateur proprement dit, auquel a été adjoint un chalumeau dont la tête, de forme tronconique, est dégagée en plusieurs endroits, sur sa surface extérieure, par des traits de lime formant rainures. L'intérieur est d'ailleurs garni de toiles métalliques pour empêcher l'obstruction. Le niveau du liquide est maintenu un peu au-dessous du commencement des rainures. Enfin un entonnoir, dont la partie inférieure est dégagée, permet le passage de l'air aspiré. Un étranglement placé à mi-hauteur de cet entonnoir, et en face la sortie des rainures du chalumeau, augmente la vitesse de l'air aspiré et lui permet d'entraîner la quantité à carburer.

Enfin, signalons un robinet doseur-mélangeur pour l'admission de l'air carburé, permettant d'y ajouter de l'air pur et de régler la proportion de façon à obtenir le maximum d'inflammabilité.

Carburateur Peugeot (fig. 84). — Dans ce système de carburateur, le liquide volatil est contenu dans un récipient placé en face de l'orifice d'introduction de ce liquide dans la chambre de carburation. Cet orifice est fermé par un obturateur relié par une commande convenable à la soupape d'arrivée de l'air carburé dans le cylindre du moteur, de telle façon que le déplacement de la soupape permet l'arrivée du liquide dans le carburateur.

Le dessin ci-contre représente une coupe verticale de l'appareil. Dans la tubulure *a* faisant partie du cylindre moteur, ou rapportée sur lui, se trouve ajusté le corps *d* du carburateur, percé de trous *e* et surmonté d'un chapeau *f* sur lequel est fixé au moyen d'un raccord *g* le tube *h* d'arrivée du liquide, qui parvient dans le raccord par la lumière *i*. Cette dernière est fermée au repos par un pointeau *k* poussé par un ressort *l*. La tige du pointeau porte un épaulement *m*

et est entourée par une partie tubulaire *n* reliée à la tige *o* de la soupape *c* ; l'ensemble constitué par la tige *o* et la pièce tuculaire *n* est supporté par le ressort à boudin *t*.

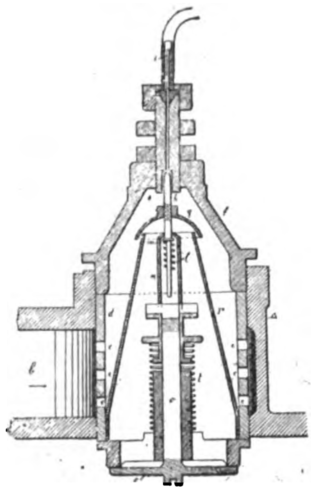


Fig. 84. — Carburateur Peugeot.

Le pointeau *k* porte en outre une sorte de capsule renversée ou calotte *q* destinée à déverser le liquide sur le cône de toile métallique *r*. Enfin l'air arrive en *b* et pénètre dans le carburateur par les trous *c* toutes les fois que la soupape *c* s'ouvre par suite du déplacement du piston.

Lorsque le moteur fonctionne, on voit qu'à chaque mouvement de haut en bas de la soupape *c*, sa tige *o* entraîne la pièce tubulaire *n* qui vient en contact avec l'épaulement *m* et baisse le pointeau *k* en comprimant le ressort *l*. L'orifice du canal *i* étant ouvert, le liquide arrive sur la calotte *q* d'où il se répand sur la toile métallique *r*.

L'air aspiré par le piston à travers les trous *e*, se charge de vapeurs du liquide en traversant la toile métallique pour arriver à la soupape *c*.

Quand la soupape remonte, le pointeau *k*, sous l'action du ressort *l*, ferme l'orifice d'arrivée du liquide. Pour régler la carburation, il suffit de faire varier le jeu du pointeau en tournant dans un sens ou dans l'autre la pièce centrale *g* du raccord qui est vissé dans le chapeau *j* de l'appareil.

Carburateur Gautier-Wehrlé. — Dans ce système, représenté figure 85, l'essence arrive avec une pression de 10 centimètres d'eau du réservoir principal, et par la conduite E et jaillit sous un cône

disperseur S, formant la partie supérieure de la soupape; celle-ci est réglée par la vis V à ressort de façon à se soulever légèrement sous l'effet de l'aspiration du moteur et à laisser passer un peu d'essence. L'air chaud A' rencontre le brouillard d'essence. Le tout est

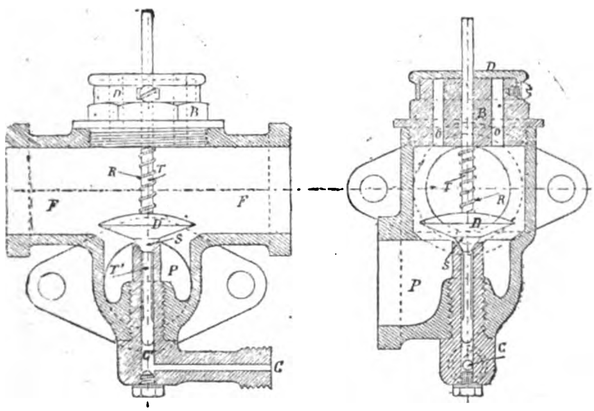


Fig. 85 et 86. — Carburateur Gautier-Wehrlé.

additionné de la proportion voulue d'air froid, par des orifices pratiqués dans le couvercle de la chambre de mélange et plus ou moins découverts par un chapeau réglable.

Carburateur Mors. — Ce système, représenté par la figure 87, comprend un récipient q dans lequel l'essence est amenée par un conduit r et un tuyau s branché sur le réservoir alimentaire t. Le conduit r porte à son extrémité un cône u strié intérieurement dans lequel il débouche par les ouvertures r'.

L'air appelé par la dépression produite par l'aspiration du piston entre par le tuyau v et arrive à l'intérieur du cône u où il vaporise l'essence que contient ce dernier. Un obturateur x permet de faire varier la quantité d'air aspiré et une valve y a pour but de raréfier plus ou moins l'air carburé aspiré par le piston.

Le niveau de l'essence dans le cône est maintenu constamment à la hauteur des ouvertures r' car le niveau du liquide dans le réser-

voir alimentaire *t* est toujours le même que celui de ces ouvertures *r*'; à cet effet, le réservoir *t* qui est alimenté par un autre réservoir d'où

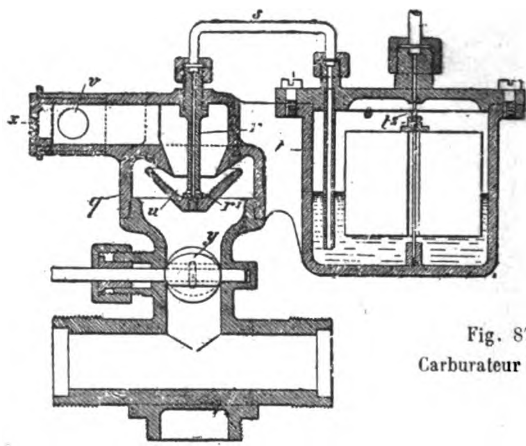


Fig. 87
Carburateur **Mors.**

l'essence est amenée par le tuyau *z* renferme un flotteur *t*' portant une aiguille t^2 qui vient obturer l'arrivée du pétrole si le niveau vient à s'élever.

Carburateur Loyal (fig. 88). — Il est formé par un cylindre d'assez grande capacité, qu'une cloison en forme d'entonnoir divise en deux compartiments : celui du haut *e* contient l'essence; celui du bas sert de chambre de mélange. Quand l'aspiration du cylindre se produit en *a*, un volant tronconique muni d'aubes hélicoïdales, monté sur la tige de la soupape, qui ferme le compartiment supérieur, se met à tourner, et sa rotation amène l'ouverture de la soupape. L'essence tombant goutte à goutte sur les aubes du volant s'y pulvérise, se mélange avec l'air,

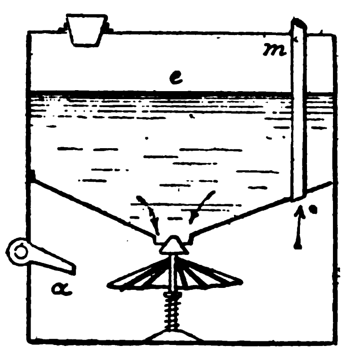


Fig. 88. — Carburateur Loyal.

et se rend au cylindre par le tuyau *m* qui traverse le compartiment supérieur de l'appareil, et sur lequel est greffée une prise d'air pur.

Carburateur Bouvier-Dreux (fig. 89). — Dans le récipient B, l'essence est maintenue à un niveau constant par un flotteur C, pourvu d'un pointeau D qui commande l'ouverture de la conduite d'arrivée A, et d'un indicateur J de ce niveau; celui-ci s'établit par le canal E dans l'ajutage F à 1 millimètre au-dessous de son orifice de sortie.

Autour de cet ajutage sont ménagées trois rainures circulaires qui forcent l'air aspiré à travers la conduite G, par le moteur, à prendre un mouvement giratoire; en même temps sous l'effet de la succion, une petite quantité d'essence sort de l'ajutage F, se brasse et se mélange avec l'air tourbillonnant.

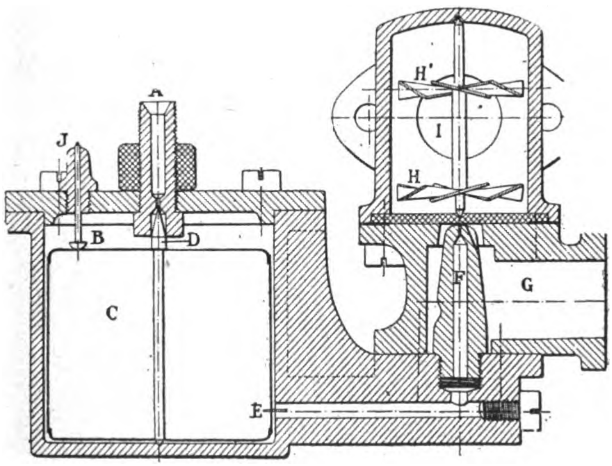


Fig. 89. — Carburateur système Bouvier-Dreux.

Pour rendre le mélange intime, l'air pur complémentaire et les filets gazeux viennent se briser sur les ailes des deux petites turbines HH, contenues dans une chambre qui surmonte l'ajutage, et tournant très rapidement, sous l'effet de l'aspiration même du moteur; celle-ci s'exerce à travers une prise l'air pur, non figurée,

mais symétriquement disposée par rapport au tuyau I de sortie de l'air carburé. A la mise en train, on règle graduellement l'ouverture de cette prise d'air jusqu'à ce que, pour une essence de qualité déterminée, on ait réalisé le meilleur mélange. C'est de l'air préalablement chauffé par le moteur qu'on peut faire arriver par la conduite G en vue d'aider à la gazéification en hiver.

Carburateur du moteur fixe Durand. — Le carburateur est automatique et se règle de lui-même; c'est un vase cylindrique hermétiquement clos, rempli d'essence. Un macaron poreux en liège flotte à la surface du liquide et s'en imprègne; c'est une sorte d'éponge au milieu de laquelle débouche l'air à carburer, par l'intermédiaire d'un tuyau qui traverse à frottement doux le récipient; l'évaporation est donc toujours superficielle et les impuretés peuvent rester dans le fond du vase. Le pétrole employé a une densité de 0.700 environ.

Carburateur P. Gautier (fig. 90 et 91). — L'essence arrive par le tube A, dont le débit est limité par le diaphragme D (qui est double

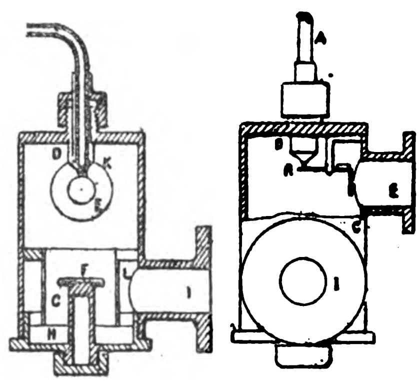


Fig. 90 et 91. — Carburateur Gautier.

pour éviter que la section d'écoulement de l'essence ne soit insensiblement agrandie, par le contact de la soupape K; celle-ci, en effet, appuie seulement sur le diaphragme extérieur). La soupape K qui

règle ce débit, s'ouvre au moment voulu sous l'effet du courant d'air occasionné par l'aspiration. L'essence tombe sur la cuvette F, et de là dans le réservoir H, au-dessus duquel se trouve un tube G, supporté par une bague à une hauteur telle qu'il touche seulement l'essence contenue dans le réservoir. L'air aspiré par I circule dans la chambre L, lèche l'essence contenue en H, traverse la mince couche qui le sépare de l'intérieur du tube G, et en remontant pénètre dans le brouillard d'essence produit par le chute de cette dernière sur la table F. Le mélange se rend au cylindre par le tube E.

Carburateur Dorey, le Jupiter. — Cet appareil se compose d'un récipient duquel un flotteur vient, lorsque l'essence qui entre par un raccord placé sur le dessus du couvercle est au niveau voulu, boucher par un pointeau l'entrée de cette essence. De là, cette dernière monte dans l'ajutage où elle arrive à 1 millimètre environ au-dessous du trou de sortie de cet ajutage. Il est bien entendu qu'au fur et à mesure que l'essence est aspirée par le moteur, elle se renouvelle automatiquement dans le récipient, par le fait même que le flotteur en descendant, débouche le trou et permet à une nouvelle quantité d'essence d'arriver, remplaçant celle qui s'est évaporée ou qui plutôt a été gazéifiée.

Le fonctionnement en est des plus simples : lorsque le moteur entre en fonction, c'est-à-dire lorsque par la manivelle on lance son volant, il aspire de l'air ; cet air passe autour de l'ajutage, lequel est muni de trois rainures forçant l'air aspiré à prendre un mouvement de rotation. Cette aspiration du moteur fait le vide dans l'ajutage et enlève ainsi une petite quantité d'essence qui immédiatement est brassée et mêlée à l'air qui tourne autour.

Pour assurer un mélange encore plus parfait, cet air et ce gaz viennent à nouveau se briser dans les ailes de deux petites turbines, placées dans la partie supérieure à celle où se trouve l'ajutage ; les

turbines fonctionnent par le fait même de l'aspiration du moteur. L'air et le gaz sortent de ces turbines, qui tournent à très grande vitesse, intimement mélangés.

Ce carburateur présente donc les avantages suivants : 1° Usage de n'importe quelle essence du commerce ; 2° Dosage d'air et de gaz toujours parfait après un premier réglage dépendant de la qualité d'essence employée ; 3° Absence absolue d'odeur à l'échappement, ce qui indique bien le mélange parfait et la combustion complète ; 4° Économie réelle de sur les systèmes précédents.

Ce carburateur peut, en outre, servir aux moteurs de différentes forces : il s'agit, dans ce cas, soit d'agrandir légèrement, soit au contraire de mater le trou de l'ajutage par où sort l'essence. Pour cela, dévisser la partie supérieure contenant les turbines ; faire le nécessaire et revisser.

Carburateur Bouché. — La question du carburateur préoccupe tous les constructeurs de moteurs à pétrole. Du bon fonctionnement de cet appareil, dépend en effet la marche du moteur. Voici deux systèmes de carburateurs que nous avons cru intéressant de décrire.

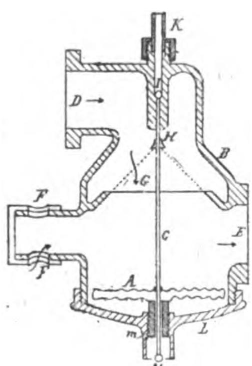


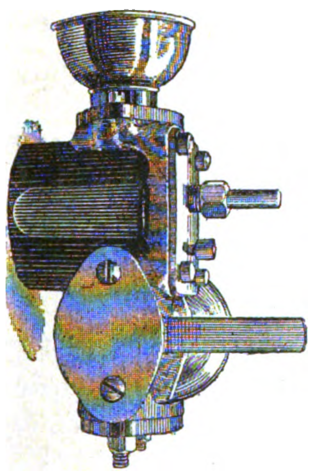
Fig. 91 *bis*.
Coupe du carburateur Bouché.

La figure nous montre un carburateur à pointeau et vaporisation sur toile métallique, breveté par M. J. Bouché.

Le pétrole arrive en K fermé à sa partie inférieure par la bille ou soupape I, solidaire de la tige C. Cette tige C est fixée à la partie supérieure d'une chambre A, ondulée comme la boîte des baromètres anéroïdes et qui, close du côté du carburateur, communique à l'air libre par le tube *m*. L'aspiration du moteur se fait en E, l'air libre arrive en D, et les ouvertures F servent, grâce

à la calotte qui les recouvre, à régler exactement l'appel d'air. Lorsque le moteur aspire, il en résulte une dépression dans l'appareil. La chambre A se dilate, l'essence tombe sur la toile métallique G et se vaporise. La bille M sert à dilater, A, à la main, lors de la mise en marche.

Carburateur Raymond aîné. — Cet appareil se compose d'un récipient cylindrique avec prise d'air H, et sortie de gaz J, allant au moteur sur lequel s'ajuste un couvercle B portant le raccord d'arrivée d'essence G et une vis de réglage F. Il se prolonge par une cloison médiane qui descend aux 2/3 de la profondeur de l'appareil au bout



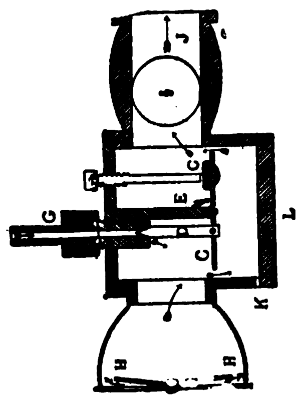


Fig. 92 et 93. — Carburateur Raymond aîné.

de laquelle est le papillon ou balance C, qui avec un pointeau D et un ressort E forment tout l'organe distributeur de l'appareil, cette disposition de fermeture est insensible aux cahots et trépidations. Il n'y a que l'aspiration d'air faite par le moteur qui puisse faire fonctionner l'appareil. Voir la direction des flèches sur la coupe de l'appareil. N'ayant pas de niveau constant ni de flotteur il peut subir toutes les inclinaisons sans être dérangé dans sa marche : il fonctionne

avec toutes les essences et de l'air froid; il donne un rendement supérieur à tous les autres systèmes aux essais comparatifs de charge ou de vitesse; il suffit de le chauffer à sa base en L pour l'empêcher de geler en le maintenant à une température d'environ 10 à 15°. On peut le chauffer de deux manières différentes, en le plaçant par L sur un tuyau d'échappement ou en envoyant une petite quantité des gaz brûlés dans une petite coupelle adaptée sous le fond de l'appareil, reliée par un tube branché à l'échappement. Dans aucun cas l'air chaud ne doit être employé. Si on veut obtenir le maximum de force d'un moteur, pour régler le carburateur on ferme le robinet d'air I, une fois le moteur en marche, on ramène la clef verticale et on tourne la vis de réglage à droite si le liquide sort par le trou purgeur K, à gauche si le moteur ne donne pas son maximum de force ou de vitesse.

Dans aucun cas il ne doit sortir de liquide de l'appareil en marche ni de fumée par l'échappement qui doit être sec et sans odeur. Il est bien entendu qu'il ne doit pas y avoir de ratés d'allumage, le réglage sur un bon moteur se fait en deux ou trois minutes. Une fois réglé on a toujours la curburation par le robinet de réglage d'air I.

Le réservoir doit être à cinq centimètres minimum au-dessus du carburateur et l'essence doit être filtrée; le pointeau ayant moins de un millimètre de course ne peut donner passage à aucun corps étranger.

Moteurs sans carburateur. — Dans certains moteurs, la carburation n'est pas confiée à un organe spécial : le moteur Kane Pennington est dans ce cas. Pendant l'aspiration, l'essence tombe sur un fil métallique, en forme de spirale, placé dans la partie supérieure du cylindre, et mis en dérivation par le courant électrique chargé de produire l'allumage. Cette légère élévation de température suffit, paraît-il, pour assurer la vaporisation complète de l'essence.

Carburateurs pour moteurs a pétrole lampant. — Devant produire la vaporisation d'un liquide beaucoup moins volatil que l'essence, ils ont ordinairement recours à deux adjuvants : la chaleur fournie par une lampe à pétrole (dont on peut parfois se passer, quand la chaleur donnée par le fonctionnement du moteur est suffisante), et le jeu d'une pompe qui injecte à chaque instant la quantité de pétrole nécessaire.

Nous citerons les carburateurs Pygmée, Faure et Gibbon.

Carburateur Gibbon (fig. 94). — Une pompe sans clapet *wx* injecte par *x' y'* dans le vaporisateur placé au-dessus, le pétrole venant du réservoir *y*. Le vaporisateur est formé par un tube évasé *u* à ailettes *u'*, pénétrant en partie dans la chambre de combustion, dont il constitue l'allumeur. Une gaine entoure librement ce dernier et empêche l'air frais du mélange d'y venir en contact et, de le refroidir. Pour le mise en train, on le chauffe avec une lampe extérieure; par la suite, la charge s'enflamme spontanément à l'achèvement de la compression.

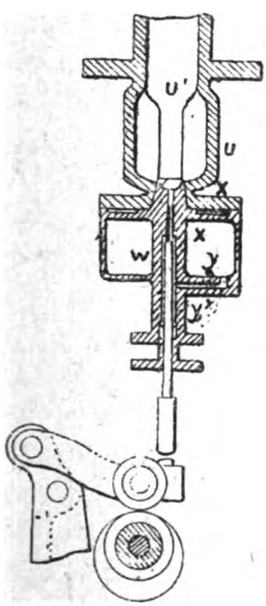


Fig. 94. — Carburateur Gibbon.

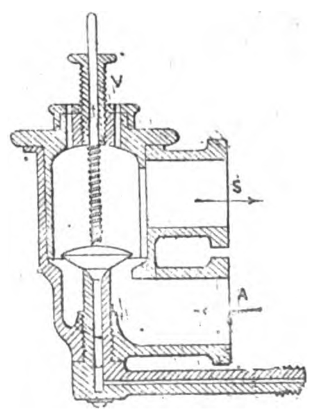


Fig. 95. — Carburateur Faure.

Carburateur Faure (fig. 95). — Le pétrole y arrive par le conduit

p, l'air par le chapeau a. Cet air suit le parcours indiqué par des flèches, en circulant dans des compartiments limités par des toiles métalliques, et sort par s pour se rendre au moteur. La lampe l, chargée de chauffer le tube d'allumage du cylindre, réchauffe aussi le pétrole contenu dans le récipient r; cette lampe est disposée comme les brûleurs des foyers au pétrole; elle porte une petite aiguille de débourrage t. On voit en b la prise de l'air nécessaire pour parfaire le mélange.

Carburateur « Pygmée » de Fessard. — C'est un carburateur agissant par pulvérisation et vaporisation. Il se compose d'un vase à niveau constant, d'un pulvérisateur à double ajutage et d'un serpentin vaporisateur.

Le niveau est maintenu constant dans le vase par un robinet à flotteur, qui débite le pétrole reçu en charge au fur et à mesure que la consommation tend à faire baisser le niveau. Le pétrole est aspiré dans le pulvérisateur. Cet appareil comporte deux ajutages disposés angulairement, dont on règle la distance par le vissage plus ou moins complet de l'un ou de l'autre dans la boîte constituant le corps du pulvérisateur; l'ajutage vertical amène le pétrole, l'autre permet l'entrée de l'air puisé dans l'atmosphère et appelé par le jeu même du moteur. Le vaporisateur est formé d'un serpentin dont les spires sont enroulées sur la cheminée d'allumage du moteur; il est traversé par le courant d'air et de pétrole pulvérisé. On peut aussi loger ces spires dans la cheminée elle-même et on augmente ainsi l'activité de l'appareil. La constance du niveau dans le vase assure une régularité parfaite de la marche du moteur; la pulvérisation a pour effet de produire un mélange intime du comburant et du combustible, et de contribuer à une combustion entière et complète. Enfin l'ensemble de cet appareil est très ramassé, peu encombrant et il se place très facilement sur les moteurs. Appliqué au moteur Pygmée, ce carburateur a donné les meilleurs résultats.

Carburateur système Petréano. — Cet appareil est un des derniers par ordre de date et c'est pour celà sans doute que c'est un des meilleurs (fig. 96).

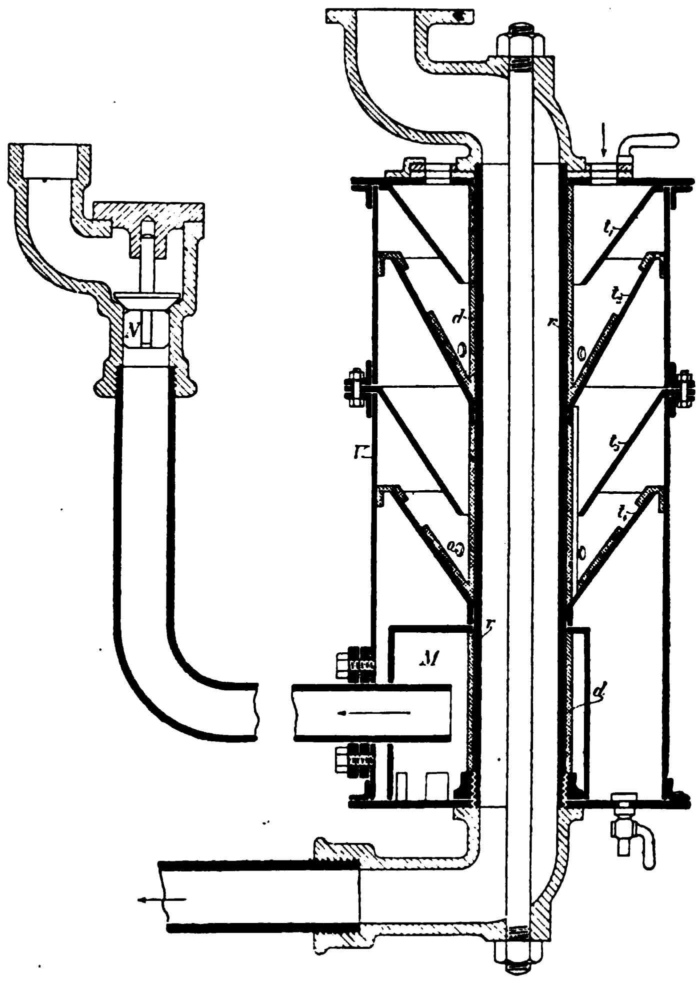


Fig. 96. — Carburateur de Pétréano (coupe).

Un tube central *r* est parcouru par les gaz de la décharge, qui élèvent sa température et celle du cylindre V dont il est enveloppé :

le tube est garni d'une chemise en tissu d'amiante *d*, spongieux et perméable, constamment humecté du carbure liquide, lequel est introduit dans le cylindre par un orifice pratiqué à la partie supérieure du cylindre; l'air à carburer y pénètre par un second orifice, visible sur la droite de notre dessin.

Quatre entonnoirs, dont deux sont eux-mêmes garnis d'amiante, forment des chicanes dans le cylindre V et obligent le carbure et l'air de se mêler et de se diffuser entièrement l'un dans l'autre. On a ménagé ainsi dans cet appareil de vastes surfaces d'évaporation. L'air carburé arrive finalement dans la chambre M et il passe de là au cylindre, à travers la valve d'admission N.

Les trous O percés à la base des cônes ont pour objet de laisser couler les huiles plus denses et moins volatiles, dont l'évaporation est plus difficile et qui nuisent à la régularité du fonctionnement des appareils à carburation. Ces huiles lourdes s'accumulent au fond du caisson V et on les en extrait de temps en temps par le robinet placé sur le fond.

Le carburateur Petréano a l'avantage de former un mélange très homogène, dont la combustion s'opère dans les meilleures conditions dans le cylindre. On a réussi à appliquer cet instrument à la vaporisation des alcools et les résultats obtenus ont été excellents, s'il faut en croire les documents publiés par M. Witz dans le volume III de son célèbre *Traité des Moteurs à Gaz et à Pétrole.*

Il ne nous reste plus maintenant, pour être complet, qu'à dire quelques mots sur le dispositif américain de Duryea, employé dans l'automobile de cet inventeur.

Carburateur Duryea. — Le moteur Duryea est fondé sur un principe nouveau pour le pétrole : l'explosion du mélange ne s'effectue pas dans le cylindre même, mais dans un réservoir spécial qui joue, en quelque sorte, le même rôle que la chaudière, relativement aux

machines à vapeur, et c'est ce réservoir qui distribue les gaz sous pression au cylindre. L'essence, emmagasinée dans un récipient, arrive par un tuyau particulier dans un gros tube où elle est vaporisée par l'action de la chaleur.

Les vapeurs d'hydrocarbures dégagées passent ensuite dans le brûleur, pourvu d'un ajutage tronconique débouchant dans un réservoir hermétique. Les gaz, en passant à travers cet ajutage, entraînent la quantité d'air nécessaire à leur combustion. Un second tuyau débouche à la partie supérieure de ce réservoir et maintient une pression uniforme dans tout l'ensemble de l'appareil. Sans cette disposition, la pression des gaz empêcherait l'essence de descendre et venir se vaporiser dans le tube, lequel est pourvu, pour assurer le réglage, d'une soupape conique qui, suivant sa position, laisse passer plus ou moins du liquide combustible. Toutes choses égales, d'ailleurs, la pression est toujours proportionnelle à la quantité d'hydrocarbure passant par seconde si bien que cette soupape, une fois réglée, n'a plus besoin d'être surveillée. Une seconde soupape permet de fermer complètement le tube vaporisateur quand on veut arrêter le moteur.

Ce tube est chauffé, au moment de la mise en marche par une lampe spéciale, qui sert en même temps à enflammer les gaz à leur entrée dans le réservoir.

La vitesse des gaz à la sortie de l'injecteur est suffisante, avons-nous dit, pour entraîner le volume d'air nécessaire à leur combustion. Le débit doit être réglé de telle façon qu'il y ait environ 10 litres d'air entraînés par litre de vapeur d'hydrocarbure, car, si la quantité d'air dépasse ce rapport, le mélange résultant de la combustion sera à une température plus basse. Il est vrai qu'alors on pourra se dispenser d'employer une circulation d'eau pour refroidir le moteur.

Le pression régnant dans le réservoir de combustion et dans l'ensemble de la tuyauterie peut atteindre 8 à 9 kilogrammes par centimètre carré. A dimensions égales, le moteur alimenté par cette sorte

de chaudière à gaz, développe donc à peu près la même force qu'un moteur actionné par des vapeurs d'essence provenant d'un carburateur d'un système quelconque, et le fonctionnement est assez économique, puisque la dépense d'hydrocarbure est constamment proportionnelle au travail produit, grâce à la manœuvre de la soupape d'admission d'essence. Enfin, le principal avantage de ce générateur d'air chaud comprimé est qu'il fournit la possibilité de faire usage, non plus de moteurs à simple effet, travaillant pendant une course sur quatre, mais des moteurs à double effet, analogues aux machines à vapeur à tiroir. On pourrait, de ce chef, réduire considérablement les dimensions et le poids d'un moteur destiné à développer une puissance donnée, et le couple moteur serait beaucoup plus constant qu'avec les modèles, basés sur le cycle de Beau de Rochas universellement employés aujourd'hui.

CHAPITRE VI

LES MOTEURS A PÉTROLE INDUSTRIELS

CONDITIONS GÉNÉRALES
AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES MOTEURS A PÉTROLE
QUELQUES MOTS SUR LES ACCESSOIRES DES MOTEURS A EXPLOSION
L'ALLUMAGE, LA RÉGULATION
DESCRIPTION DE QUELQUES SYSTÈMES DE MOTEURS RÉCENTS

Le grand avantage que possèdent les moteurs à pétrole sur tous les autres est de pouvoir porter avec eux, sous la forme éminemment maniable d'une provision d'essence minérale de peu de volume, la réserve d'énergie qui leur est nécessaire. Ils n'exigent pas, comme les moteurs à vapeur, de feu à conduire, de pression à surveiller et de poids mort, dû au générateur et à la provision d'eau d'alimentation, à transporter (1).

Leur conduite, simple et facile, est à la portée de tous et c'est à cette seule qualité qu'est due la vogue dont ils ont joui dès leur apparition. Pourtant, le moteur à pétrole quoique réalisant à peu près maintenant les conditions d'une bonne marche, est défectueux à beaucoup de points de vue. Le travail qu'il développe est irrégulier, puisque le nombre de courses motrices n'est que de une par tour, dans les moteurs à deux temps et seulement de une par deux tours dans les moteurs à quatre temps. De plus, à l'intérieur du cylindre,

(1) *Les Voitures automobiles à pétrole* (IIe volume de la série) par Milandre et Bouquet, sous la direction de M. Vigreux. — E. Bernard et Ce éditeurs.

l'allumage des gaz tonnants a pour effet une explosion brusque et violente au moment de laquelle un travail considérable prend naissance, travail que, pour la régularité de la marche, il faut répartir aussi également que possible sur l'arbre moteur, durant un tour pour les moteurs à deux temps et durant deux tours pour les moteurs à quatre temps. Cet effet ne peut être obtenu que par l'emploi d'un volant très lourd dont les dimensions sont assez difficiles à déterminer et dont le poids devrait souvent dépasser celui du moteur lui-même. Ce volant a pour fonction : 1° de résister, par son inertie aux chocs dus aux explosions et d'éviter la production de trépidation; 2° d'accumuler toute la puissance due à l'explosion; 3° de répartir cette puissance pendant tout le temps où le cylindre moteur reste inactif.

Dans les moteurs de voiture, la considération du poids mort à transporter fait que tous les constructeurs ont une tendance à diminuer la masse des volants, dont le poids devient toujours insuffisant. Il en résulte qu'une machine dont le cylindre est calculé pour produire un travail de trois chevaux n'en donne que deux, par exemple, faute d'un volant capable d'accumuler et de répartir l'effort total provenant de l'explosion du mélange tonnant. Une des conséquences les plus graves de cette insuffisance de volant est le calage du moteur dans les côtes un peu longues, alors que la réduction de vitesse du véhicule ne permet plus de compter sur son inertie pour suppléer à l'effet du volant. A ce moment aussi, pour la même cause, les trépidations qui n'étaient que peu ou point gênantes dans la marche rapide, commencent à se faire sentir d'une façon souvent désagréable et vont en augmentant d'intensité à mesure que la vitesse va en diminuant. Les constructeurs ont en outre le défaut de réduire trop considérablement le volume d'eau employé au refroidissement de ou des cylindres des moteurs d'une certaine puissance, généralement au-dessus de deux chevaux. Là encore, la considération du poids mort fait réduire cette provision au strict nécessaire, il en résulte qu'à

moins de la renouveler fréquemment, ce qui est une sujétion gênante, on doit marcher avec de l'eau pour ainsi dire constamment en ébullition; ces conditions de fonctionnement ne sont nullement celles qui correspondent au meilleur rendement du moteur, lequel exige que la température de l'eau de réfrigération ne dépasse pas 70° C. De plus, l'augmentation de la température des cylindres étant d'autant plus rapide que le moteur travaille avec des mélanges gazeux plus riches, ce qui est le cas général de la marche en côte, il se trouve qu'au moment où la machine devrait donner son maximum de puissance, l'effort moteur se trouve réduit, tant par l'insuffisance du volant que par la diminution du travail dû à l'échauffement du ou des cylindres, échauffement auquel il serait facile de parer, soit en augmentant le volume de la provision d'eau, soit en employant un refroidisseur efficace, ainsi que le font, depuis peu de temps, nos meilleures maisons de construction.

Les deux défectuosités dont nous venons de parler existent dans presque toutes les automobiles à pétrole actuelles et pourraient être évitées avec profit si les constructeurs se rendaient bien compte de leur importance. Mais d'autres inconvénients sont absolument inhérents aux moteurs à explosions; ce sont :

1° Le poids et l'encombrement des moteurs, toujours plus considérables que ceux des moteurs à vapeur de même puissance;

2° La difficulté de mise en marche à la main qui est souvent pénible, même pour les moteurs de faible puissance, en tout cas toujours gênante, et dont l'effet est d'empêcher l'arrêt du moteur dans les stationnements de peu de durée, occasionnant aussi une consommation d'essence en pure perte :

3° Le peu d'élasticité dans la puissance développée : un moteur à pétrole d'une force donnée, ne fournit cette force qu'à une certaine vitesse qui est la vitesse normale de régime et qu'il ne faut pas songer à réduire, sous peine de réduire en même temps l'effort moteur. Dans

ces conditions, la marche à différentes vitesses, qu'il est assez nécessaire de réaliser selon les profils parcourus, ne peut être obtenue qu'en se servant de changements de vitesse spéciaux, dont l'emploi permet au moteur de travailler toujours à sa vitesse normale et, partant de développer toujours la puissance pour laquelle il a été construit. Mais ces changements de vitesse, qui sont constitués le plus souvent par des engrenages, ont le défaut de compliquer les mécanismes de transmission qui, par crainte des accidents, devraient toujours être aussi simples que possible. De plus, l'effort moteur ne pouvant être augmenté, la traction des véhicules sur certains profils très accidentés exige qu'ils soient pourvus de machines plus puissantes que celles qui pourraient suffire pendant la plus grande partie des trajets. Il en résulte une surcharge sensible, une dépense de premier établissement plus considérable et une marche moins économique, puisque les moteurs n'ont à utiliser la force pour laquelle ils ont été construits qu'à de rares intervalles.

Il est à considérer, en outre, qu'un moteur de voiture automobile doit donner son maximum de travail dès sa mise en marche, au moment du démarrage ; or, c'est à ce moment que le moteur à essence tourne le plus lentement et qu'il se trouve, de ce fait, dans l'impossibilité de fournir son plus grand effort. Il faut donc, surtout si le démarrage doit être laborieux, ou mettre en marche d'avance afin que la machine ait le temps de s'échauffer et d'atteindre sa vitesse de régime, ou ne pas arrêter le moteur, durant les courtes stations, ce qui dans les deux cas ne laisse pas d'être onéreux et même dangereux.

4° L'impossibilité du changement de sens de la rotation qui nécessite encore l'emploi d'engrenages en plus de ceux du changement de vitesse ;

5° La mauvaise odeur des gaz d'échappement, d'autant plus grande que leur combustion est moins complète, et que, jusqu'ici, l'on n'est pas parvenu à supprimer ;

6° L'inflammabilité excessive de l'essence minérale qui oblige à en opérer la manipulation, surtout au moment du remplissage des réservoirs, avec de grandes précautions ;

7° Le prix élevé du cheval-heure développé.

Jusqu'à présent, les puissances de 6 à 8 chevaux paraissent être le maximum de celles que l'on doive adopter, dans l'emploi des moteurs à essence, pour ne pas trop exagérer la plupart des inconvénients que nous venons d'énumérer. Pour les forces supérieures, on est conduit à multiplier les cylindres et aussi les carburateurs, car souvent plusieurs cylindres travaillent mal sur un seul carburateur : le poids, l'encombrement et la complication du moteur sont augmentés de ce fait. En outre, pour que la température de l'eau de réfrigération ne dépasse pas 70°, on est obligé d'en augmenter beaucoup le volume qui devient embarrassant. De plus, à mesure que la puissance s'accroît, la difficulté de mise en route devient plus grande et, pour les puissances de 25 à 30 chevaux, elle ne peut se faire à la main. On serait donc conduit, pour ces puissants moteurs, à employer un servo-moteur à petrole dont l'usage n'est guère pratique, sur une voiture.

Certains constructeurs ont essayé de parer à cette difficulté de mise en marche en modifiant à ce moment le cycle du moteur ; nous croyons savoir que les résultats obtenus n'ont pas donné pleine et entière satisfaction.

Toutes ces raisons font penser que le moteur à pétrole, jusqu'à 8 chevaux environ, peut seul être appliqué facilement aux voitures automobiles. Pour des puissances supérieures, nous préférons nettement deux moteurs accouplés qu'un seul de puissance égale. En considération des avantages et inconvénients précités, nous estimons que l'emploi des véhicules mus par moteurs à pétrole est surtout indiqué pour le tourisme à grande distance. Dans cet emploi, certains inconvénients : mise en route souvent pénible, mauvaise odeur etc.,

n'ont plus grande importance et les avantages ressortent au contraire avec toute leur valeur : énergie considérable sous un faible volume, ravitaillements éloignés, conduite facile de la voiture, etc.

Mais en tant que voiture de ville, l'automobile à pétrole ne réalise pas, jusqu'ici, les desiderata que l'on est en droit d'exiger dans les services urbains; à plus forte raison, son application aux transports importants de voyageurs et de marchandises n'est pas actuellement à conseiller.

Des considérations précédentes, il ressort que le moteur à pétrole est loin d'être un moteur parfait. Son fonctionnement et son rendement ont encore à être améliorés et les efforts des chercheurs doivent se concentrer sur quelques points spéciaux que nous allons rapidement passer en revue.

Carburateurs. — Ceux actuellement en usage sont trop sensibles aux influences atmosphériques et leur réglage, pour cette raison, n'est pas toujours facile. Il y aurait donc lieu de les soustraire à ces influences, et de n'employer que des dispositifs d'une grande simplicité.

Moteurs. — La plus grande perte que subissent les moteurs à pétrole provient de la réfrigération que l'on est obligé de faire subir aux cylindres afin d'assurer le graissage. Elle ne peut être évitée avec les lubrifiants actuels qui sont tous décomposés à 350° : celui qui permettra d'arriver à de plus hautes températures est à trouver; son emploi augmenterait considérablement le rendement des moteurs actuels. La détente incomplète est encore une des plus graves imperfections de ces moteurs; il y aurait donc lieu de l'allonger de façon que la différence entre les températures initiale et finale soit aussi grande que possible. A ce point de vue, le compoundage des moteurs amènerait peut-être une amélioration s'il pouvait être réalisé de façon pratique. C'est la prolongation de la détente que MM. Roser et Mazu-

rier ont eu en vue dans leur moteur en adjoignant aux deux cylindres à gaz, un troisième cylindre à air utilisant la chaleur perdue par l'échappement des premiers : c'est là une combinaison digne d'attention qui ne pouvait donner que de bons résultats thermiques. La régulation des moteurs a aussi besoin de perfectionnements, les régulateurs actuels agissent soit en supprimant l'admission du mélange détonant, soit en en diminuant la richesse. Dans le premier cas, la régularité de la marche est affectée; dans le second, on introduit dans le cylindre des mélanges qui ne sont pas assez riches et occasionnent des ratés. Peut-être y aurait-il lieu de créer pour ces mélanges pauvres une *surcompression* qui permettrait de conserver un bon rendement, même quand le moteur marcherait à faible charge. Nous avons dit un peu plus haut, que l'un des plus graves inconvénients des moteurs à pétrole dans leur application aux automobiles résidait dans l'irrégularité de l'effort transmis, surtout sensible dans les moteurs monocylindriques. Par suite de l'accélération due à l'explosion et du ralentissement occasionné par la compression, cet effort est incessamment variable et change même de signe. Il en résulte des trépidations fort désagréables auxquelles ne sont soustraites aucune des voitures à pétrole de notre temps, et dont le remède réside tout entier, soit dans l'emploi de volants suffisants, soit dans une disposition plus rationnelle des cylindres permettant, sinon la suppression, au moins l'atténuation des variations des couples moteurs et de réaction (1).

Avant de donner maintenant la description des très nombreux systèmes de moteurs à explosion inventés depuis dix ans, nous devons, pour être complet et en terminer sur ce sujet, dire quelques mots des accessoires indispensables de tous les moteurs à pétrole, et tout

(1) Le début de ce chapitre est emprunté à la remarquable étude sur les automobiles à pétrole que MM. Milandre et Bousquet viennent de faire paraitre. Il résume admirablement et d'une façon très complète la critique des moteurs à explosions.

d'abord des dispositifs usités pour produire l'inflammation du mélange explosif.

Il existe trois procédés pour assurer cette inflammation des gaz : 1° par transport de flamme ; 2° par tube incandescent ; 3° par l'étincelle électrique.

L'allumage par transport de flamme a été l'un des premiers réalisés ; c'est le procédé employé dans les moteurs Otto ; un robinet ou tiroir animé d'un mouvement alternatif par le jeu d'une tige commandée par une came, contient un bec de gaz qui vient s'allumer à une veilleuse quand la face du tiroir est tournée vers l'extérieur. Ce procédé donne d'assez bons résultats dans les moteurs fixes, mais est peu pratique pour les modèles destinés à la traction.

Le second mode d'allumage, celui par incandescence, est préférable à tous points de vue, car c'est le plus simple de tous et celui qui exige le moins d'impedimenta. Il consiste essentiellement en un tube du porcelaine ou de platine, enfermé hermétiquement dans une boite faisant corps avec un cylindre, et pouvant être mise en communication avec l'intérieur de celui-ci, au moment de l'allumage, par une soupape ou un petit tiroir. Le tube de platine traversant les parois de la boite est porté au rouge vif à l'aide d'un brûleur spécial, dont nous décrirons les principaux types un peu plus loin. Ajoutons que ce procédé d'allumage n'occasionne qu'assez rarement des ratés, bien qu'on lui reproche de ne pas fournir aisément les températures très élevées qui sont indispensables pour déterminer une explosion et une détente rapide des gaz.

Dans son allumeur, M. Loyal emploie un tube de nickel disposé au fond de la chambre d'explosion. Après l'échappement, il reste dans ce fond et dans le tube lui-même une certaine quantité de gaz brûlés. Après l'admission des gaz neufs et pendant la compression, le mélange ne s'opère guère entre les deux espèces de gaz, et le mélange explosif n'arrive pas au contact du tube ; ce n'est que lorsque la

compression a atteint sa plus grande valeur et que les gaz inertes sont refoulés au fond de l'éprouvette, que l'explosion se produit. Il est donc possible, en enfonçant plus ou moins le tube, de régler le moteur pour différents degrés de compression.

Le troisième procédé d'allumage par étincelle électrique est très en faveur, surtout pour les automobiles et les motocycles, car il présente de très sérieux avantages ; l'étincelle est à une température élevée et peut être lancée juste à l'instant précis, pour produire ce que l'on appelle l'*avance à l'allumage*, sans cependant nécessiter, comme avec le tube incandescent, de tiroir ou de soupape supplémentaire. On ne peut reprocher à ce dispositif que l'outillage un peu compliqué qu'il exige pour la production de l'étincelle requise, et qui consiste en un générateur d'électricité à haute tension, un interrupteur mobile, ordinairement monté sur l'arbre des roues du véhicule, et une *bougie* isolante, ordinairement en porcelaine, servant à guider à l'intérieur du cylindre, les deux fils entre les extrémités desquels jaillit l'étincelle. Les efforts des électriciens se sont surtout portés sur le générateur d'électricité qui a été très amélioré. On a le choix maintenant entre les *piles-bloc* à liquide immobilisé et les accumulateurs que l'on recharge soit en secteur de distribution d'éclairage, soit avec une petite batterie primaire, lorsqu'ils sont déchargés et que leur force électromotrice est descendue au-dessous de 1,8 volt.

La maison Cohendet a construit sur les plans de notre ami Paul Archat, un nouveau système d'allumeur supprimant le transformateur à haute tension, la bobine Ruhmkorff, indispensable avec les piles ou les accumulateurs. C'est une petite machine électrostatique qui développe directement l'étincelle d'allumage.

Au point de vue de la dépense, les trois procédés que nous venons de mentionner se valent : le transport de flamme consomme du gaz, les brûleurs à incandescence du pétrole, et l'électricité une certaine quantité d'énergie première empruntée soit à une pile chimique, soit

à un moteur. Ce dernier procédé, exige de plus, une rigoureuse propreté de mécanisme, pour ne pas donner lieu à des ratés. Le goudron et les impuretés qui se déposent souvent dans le cylindre peuvent empêcher, en effet, la production de l'étincelle en mettant en court-circuit les deux extrémités des fils entre lesquels jaillit cette étincelle. Ce danger des courts-circuits qui épuisent rapidement la source de courant est le point faible de ce procédé.

Voici d'après M. Gérard Lavergne (1), la description des principaux systèmes de brûleurs à incandescence et d'allumeurs électriques actuellement en usage :

Bruleur Longuemare (fig. 97). — Il est fort connu: on le met en marche en allumant l'alcool que l'on verse dans les cuvettes H, environ jusqu'au tiers. La pression de l'air comprimé, admis par le tuyau K dans le récipient à essence L doit être d'environ 1 kilogramme. Les brûleurs G sont à chalumeau avec tube de platine;

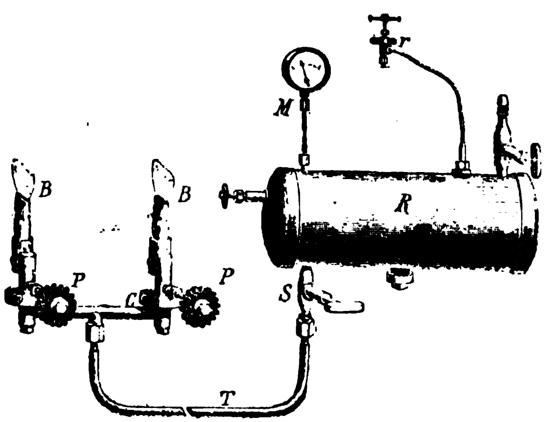


Fig. 97. — Brûleur Longuemare

c'est automatiquement que se fait l'entraînement de la quantité d'air nécessaire à la combustion de l'essence. On règle l'incandescence

(1). La *Revue industrielle*, juin 1898.

par les robinets F pourvus de presse-étoupe à l'amiante I; elle permet d'obtenir une température d'environ 1.300°. Le réservoir d'environ 0,08 de diamètre et de 0,30 de longueur, porte un robinet de remplissage A, un manomètre E et un bouchon de vidange D; il contient à peu près 750 grammes d'essence et peut alimenter deux brûleurs pendant huit heures.

Il y a quelques mois, nous avons eu l'occasion de voir chez Mme Longuemare, un nouveau brûleur qui n'a besoin pour marcher que d'une pression minime : un coup de pompe suffit pour mettre en train, comme aussi un léger échauffement du tube, si bien qu'il n'y a pas de coupelle à alcool.

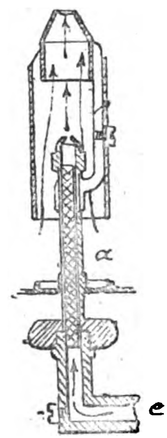


Fig. 98
Brûleur Bollée.

Bruleur Bollée (fig. 98). — Le tube *a*, qui sert de support à tout l'ensemble, est garni intérieurement d'une mèche de coton, ne montant pas tout à fait jusqu'au haut, occupée par un chapeau muni d'un très petit trou et entouré d'un manchon perforé. Pour la mise en marche, on chauffe extérieurement le brûleur. Sur le tube d'arrivée de l'essence se trouve une cloche à air, qui amortit les mouvements de la colonne liquide, pendant la marche de la voiturette.

Allumeur Gans de Fabrice. — Il est fondé sur un principe tout différent de celui des brûleurs ordinaires; c'est une imitation du thermocautère Paquelin, consistant, comme on le sait, en un tube de platine, à l'intérieur duquel est constamment renouvelé, par une soufflerie disposée à cet effet, un mélange de vapeur d'hydrocarbure et d'air. Cet allumeur produit une très haute température, qui a été accidentellement mise en évidence par ce fait que, dans certains essais où l'alimentation était trop continue, le platine a fondu. Le Dr Gans de Fabrice a cru pouvoir conclure de ses recherches sur les

moteurs à pétrole qu'il existe une relation assez étroite entre la force de l'explosion du mélange et la température du corps qui les provoque; son allumeur, en produisant une température plus élevée que les brûleurs et l'étincelle électrique, donnerait de meilleurs résultats que ceux-ci; il prétend que le rendement du moteur s'en trouverait augmenté de 30 à 50 %, ce qui nous paraît bien gros, et que la meilleure utilisation du mélange serait prouvée par l'absence de toute odeur, ce qui serait facile à vérifier avec une bicyclette actionnée par ce moteur. Il est désirable qu'on expérimente plus à fond cet allumeur.

L'allumage par tube incandescent est considéré, à juste titre, comme moins délicat et plus sûr que l'allumage électrique. Comme, en outre, les brûleurs sont alimentés par la même essence que le moteur, on n'a pas avec lui à prévoir un renouvellement, souvent peu commode, de l'énergie nécessaire. Ces deux qualités bien réelles assurent aux brûleurs des partisans fort convaincus. Sans doute, avec eux, une extinction n'est pas impossible; mais, certains systèmes, depuis longtemps éprouvés, la rendent bien rare. Aussi trouvons-nous inutile l'adjonction, que proposent MM. Clément et Michaux, d'un dispositif permettant de produire à l'intérieur du brûleur une série d'étincelles électriques, destinées à le maintenir allumé malgré le vent. La dynamo, à laquelle ces inventeurs ont recours pour avoir des étincelles, au moment où l'extinction est à craindre, occasionnerait une complication hors de proportion avec le résultat cherché.

Dans l'allumage par l'électricité l'étincelle nécessaire est toujours produite par une bobine de Ruhmkorff, dans laquelle le courant primaire est le plus ordinairement fourni par un accumulateur, quelquefois par une pile. Exceptionnellement, comme nous allons le voir à propos du dispositif Mors, c'est une petite dynamo, actionnée par le moteur, qui est chargée de fournir en cours de route l'énergie nécessaire. Le plus souvent, on utilise l'étincelle d'induction. Le circuit se-

condaire de la bobine est fermé au moment voulu, pour que l'étincelle jaillisse entre deux bornes très rapprochées, au sein même du mélange carburé, par le jeu d'une came montée sur l'arbre de distribution.

Pourtant quelquefois, c'est par l'étincelle de rupture qu'est produite l'inflammation, notamment dans les moteurs Papillon et Mors.

Allumeur Mors. — Dans ce dernier, la mise en train est assurée par un accumulateur, qui n'a besoin ni d'une grande puissance ni d'une grande capacité ; car, une fois le moteur parti, on supprime la communication avec l'accumulateur, avec la dynamo dont nous avons parlé. Celle-ci est montée sur un axe qui prend un mouvement de rotation très rapide au contact du volant, par une petite poulie frottant contre une partie voisine de sa périphérie.

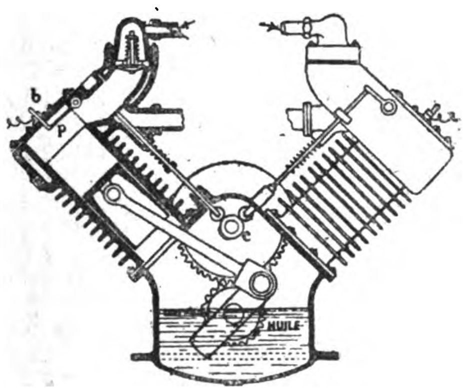


Fig. 99. — Allumeur électrique Mors.

Dans le fond de chaque cylindre (fig. 99) est disposée une pièce *b*, isolée au moyen d'une feuille de mica, et en communication avec une borne du courant secondaire; l'autre borne est en communication avec la masse du cylindre. Sur la pièce *b* s'appuie la palette *p*, mobile autour d'un axe qui se prolonge à l'extérieur du cylindre, et porte une autre palette (visible pour le cylindre de droite); sur cette seconde palette agit une tige *c* soulevée, tous les deux tours du mo-

teur, par une came montée sur l'arbre de distribution. L'étincelle jaillit entre *b* et *p*, chaque fois que la communication est rompue entre ces deux pièces.

M. Mors donne la préférence à l'étincelle de rupture, parce qu'étant plus puissante que l'étincelle d'induction, elle donne moins de ratés; en outre, le courant secondaire dont la rupture produit l'étincelle pouvant être à basse tension, le circuit est d'un isolement plus facile.

Régulation. — Divers moyens permettent de faire varier la vitesse du moteur : On peut, à l'aide d'un pointeau, proportionner la quantité d'essence admise dans le carburateur à la force motrice qu'on veut développer; c'est ce qu'on fait notamment dans le moteur Goret.

Beaucoup plus souvent, on fait varier le dosage du mélange carburé, soit par la proportion du gaz riche, soit plutôt par la proportion d'air pur supplémentairement ajoutée au mélange pour le rendre explosif. On peut aussi faire varier la quantité du mélange carburé admis dans le cylindre.

A côté de ces moyens, qui sont parfois combinés dans un même moteur, on peut avoir recours à un véritable régulateur. Dans ce cas, on emploie presque toujours un appareil à force centrifuge, agissant sur le mécanisme commandant la valve d'échappement, de manière à empêcher l'ouverture de cette valve : les gaz provenant de l'explosion précédente restent dans le cylindre, l'aspiration d'un mélange frais ne se produit pas, et la phase motrice du cycle est supprimée. C'est ainsi que les choses se passent pour le Daimler. Parfois cependant, le régulateur agit directement sur l'admission, de manière à étrangler, ou plutôt à empêcher l'ouverture de la soupape d'admission c'est le cas des moteurs Daniel Augé, Lanchester, Le Brun, P. Gautier, Dufour (à deux temps), Vernet (rotatif).

Moteur Charon. — M. Charon a cherché, pour prolonger la détente, un procédé moins compliqué que celui imaginé d'abord par Atkinson et il y est parvenu à l'aide d'un régulateur commandant une double came à gradins, dont une moitié actionne la soupape d'admission et l'autre une soupape de retenue, qui laisse échapper dans un serpentin servant de réservoir, une partie du mélange explosif refoulé pendant la compression. Celle-ci est donc plus faible,

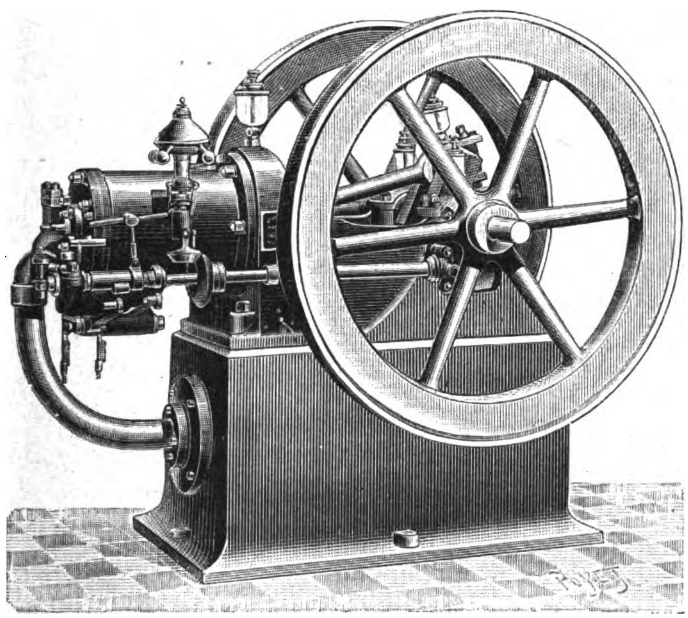


Fig. 100. — Moteur Charon à deux volants.

la détente plus complète et déterminée par le seul jeu du régulateur; elle permet d'obtenir une économie considérable et telle que ce système de moteur ne consomme que 550 litres environ de gaz de ville par cheval-heure.

L'aspect du moteur Charon rappelle celui du moteur Otto (fig. 100) et l'arbre de distribution, les soupapes et le régulateur sont placés à peu près de la même façon. Il a reçu de nombreuses applications

et quoique son prix soit un peu plus élevé à égalité de puissance que d'autres moteurs à quatre temps, l'économie de gaz qu'il permet de réaliser, grâce à la longue détente, fait recommander son emploi chaque fois que le prix du gaz devant l'alimenter est élevé.

Moteur Tenting. — C'est un moteur horizontal avec refroidissement par l'air et allumage électrique par étincelle d'induction. Le régulateur agit sur la soupape d'échappement ; les gaz brûlés cessent d'être évacués, dès que la vitesse dépasse sa limite normale, et la soupape d'admission, qui est automatique, ne se lève plus. On peut compter le système Tenting au nombre des moteurs à gaz de petite force les plus pratiques, en raison de la grande simplicité des organes qui le composent. Il marche également bien à l'air carburé; disposé en pilon, il a été appliqué avec succès à la propulsion des bateaux de plaisance.

Moteur Pygmée. — Comme le montre la figure 101, ce moteur est disposé verticalement en pilon ; il se construit dans des forces de 1 cheval à 18 chevaux, avec refroidissement par circulation d'eau, et il peut fonctionner soit au gaz, soit à l'air carburé. Il est peu encombrant, et son volume est très restreint par suite du groupement bien compris de ses divers organes plutôt que par une diminution de leur force réglementaire. Ainsi le type de 2 chevaux pèse 90 kilogrammes et celui de 10 chevaux 350 kilogrammes, soit moins de 35 kilogrammes par cheval.

Le réglage de la marche s'opère sur la soupape d'échappement qui reste fermée quand la vitesse dépasse la normale. L'échappement ne pouvant pas se produire, le piston n'aspire pas de gaz à la course suivante, et l'explosion n'a lieu que lorsque l'allure est ramenée à la vitesse de régime déterminée par la tension du ressort régulateur.

Le carburateur pour la marche à l'essence comporte un tube en spiral entourant les brûleurs destinés à l'allumage. Au moment de

l'aspiration, l'essence circule dans ce serpentin grâce à l'appel produit

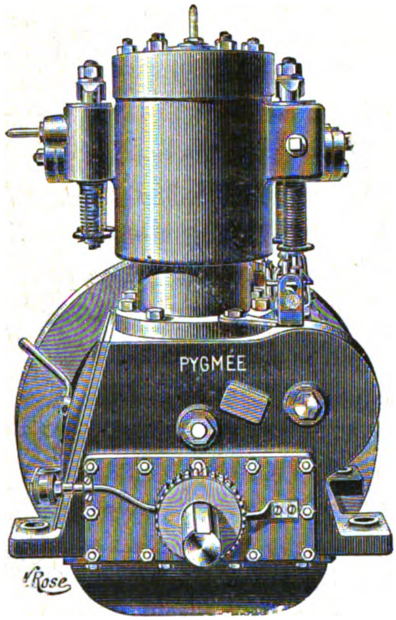


Fig. 101. — Moteur « Pygmée ».

par un filet d'air, et elle se vaporise avant de pénétrer dans le cy-

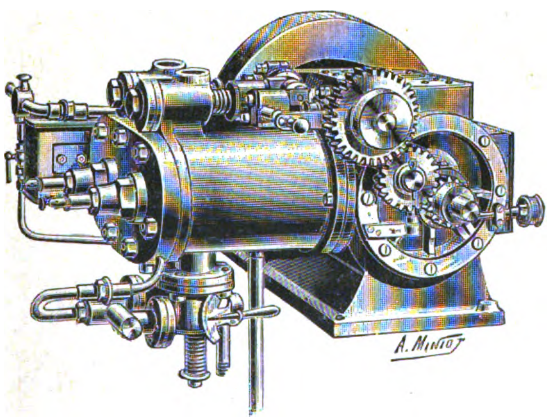


Fig 102. — Moteur horizontal « Pygmée » pour automobiles.

lindre. Le mélange ainsi constitué est trop riche pour être inflam-

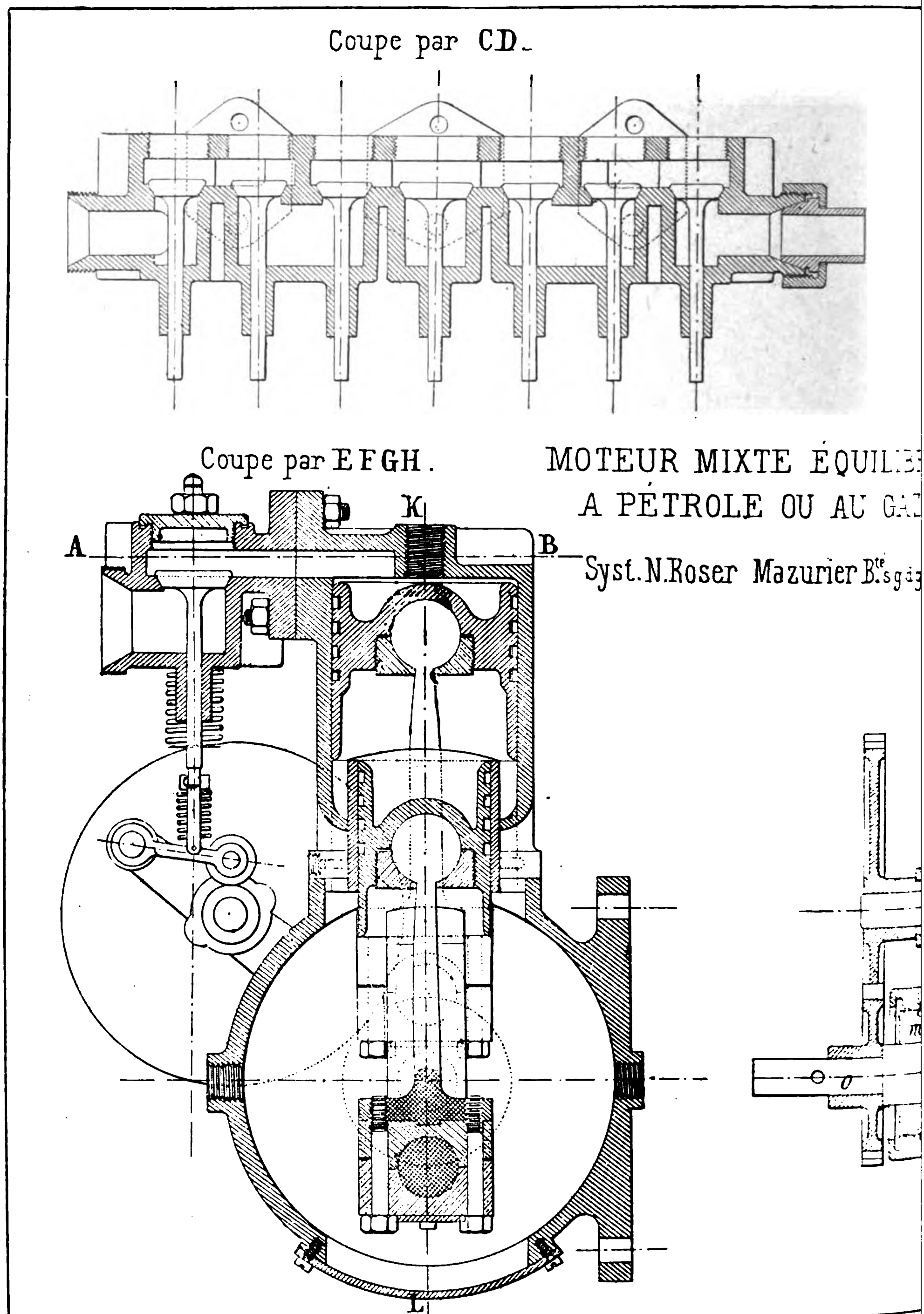
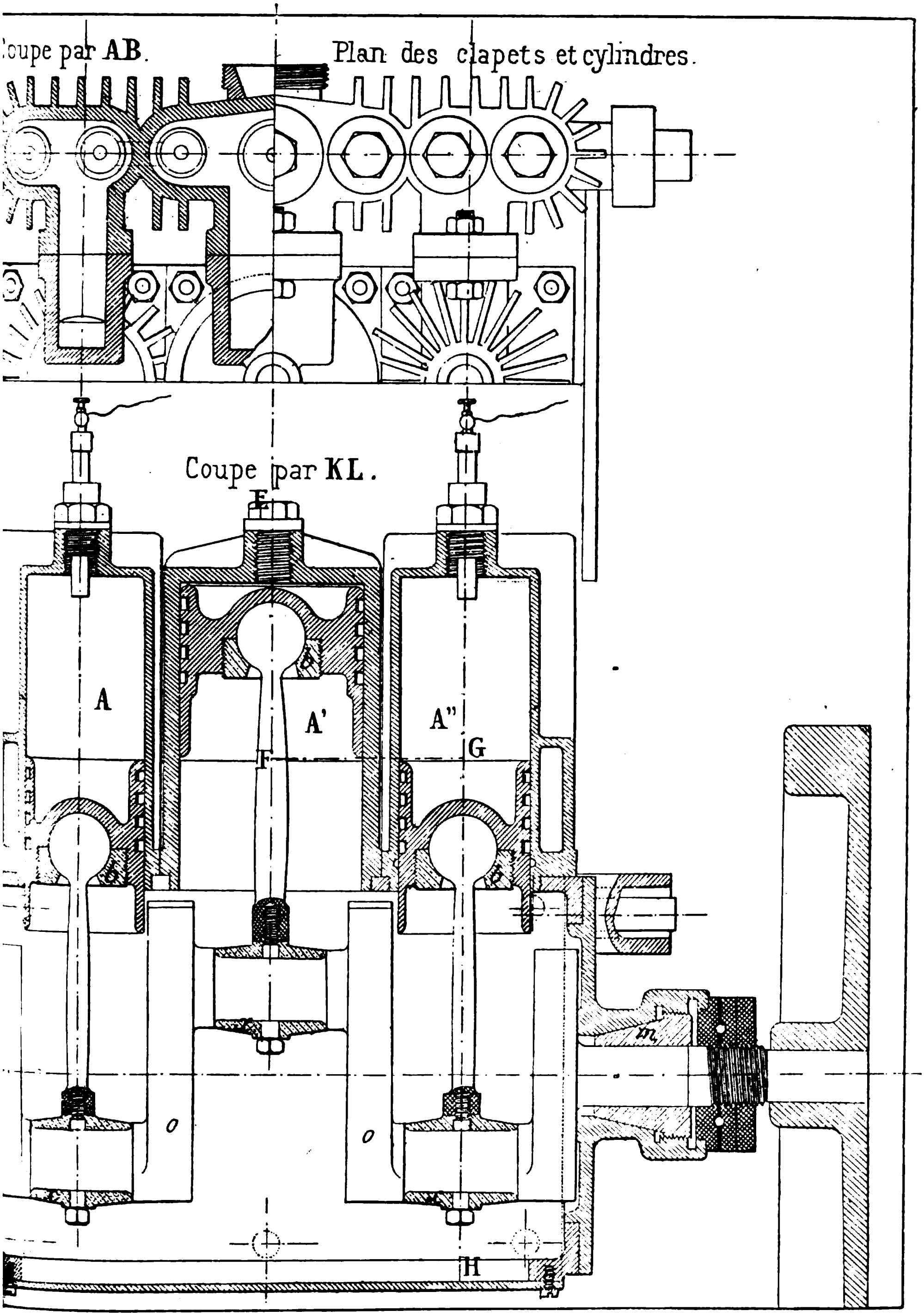


Fig. 103, 104, 105 et 106. — Coupes du



à pétrole et à air chaud, de Roscr-Mazurier.

mable aussi est-il ensuite mélangé d'air. Les arrivées de cet air avec les vapeurs carburées sont disposées de façon à créer un tourbillonnement des gaz à leur entrée dans le cylindre, et éviter ainsi les ratés d'allumage dus à ce que le mélange arrivant au contact des tubes incandescents n'est pas homogène et est tantôt trop riche et tantôt trop pauvre.

Ajoutons en terminant que le *Pygmée* présente un chiffre de consommation assez élevé, malgré sa forte compréssion, qui atteint en moyenne 4 kilogrammes à la fin de la première course rétrograde, et il a été constaté qu'elle atteint 450 grammes par cheval et par heure.

Moteur mixte Roser-Mazurier. — Ce système est caractérisé par l'utilisation qui s'y trouve faite des produits de la combustion, ce qui procure une économie sérieuse et un rendement supérieur. Il se compose de trois cylindres, deux d'égal diamètre constituant le moteur à pétrole proprement dit et fonctionnant suivant le cycle à quatre temps; un troisième cylindre, disposé entre les deux premiers agit comme un moteur à air chaud en utilisant les chaleurs perdues et les gaz de l'échappement (fig. 103 à 106).

Les bielles des pistons sont fixées par un ajustement à rotule supprimant le jeu et ayant une plus grande surface de frottement. Les soupapes des cylindres à pétrole sont actionnées par des leviers et des cames agissant sur des galets. La soupape de retenue des gaz refoulés lors de la compression par le troisième piston, et les soupapes d'échappement des deux premiers cylindres sont conduites ensemble, de manière que les gaz comprimés ne puissent s'échapper quand arrivent les gaz chauds provenant des cylindres d'explosion.

L'arbre est à trois vilebrequins calés à 90°; il reçoit les bielles et se trouve situé en dehors des axes des cylindres, ce qui fait que les pistons des deux petits cylindres stationnent un instant avant chaque

fin de course. A ce moment, les gaz brûlés provenant du moteur à pétrole réchauffent la masse d'air comprimé dans le moteur à air chaud, le piston du troisième cylindre est chassé par la détente et il agit sur les plus grands bras de levier que peut présenter cet arbre. Cette disposition permet d'utiliser toute la force développée par le moteur à air chaud, et il n'y a pas de trépidations, l'arbre portant deux contreforts servant à l'équilibrer.

Les deux cylindres à explosion sont entourés d'une enveloppe de circulation d'eau, et le cylindre à air chaud est entouré d'air constituant une gaine isolante. Le canal servant au passage des gaz brûlés lorsqu'ils vont chauffer la masse d'air préalablement comprimée, est très court, ce qui évite toute déperdition de chaleur. Les causes agissant exactement au moment voulu, le mouvement leur étant transmis par l'arbre au moyen de quatre pignons dont l'un est d'un diamètre double de l'autre.

Le mélange d'air chaud et de vapeurs de pétrole s'opère dans un carburateur spécial; le mélange explosif est ensuite aspiré par le premier cylindre pendant sa première course directe, puis comprimé dans sa course rétrograde; à ce moment l'inflammation s'opère par la communication du mélange avec un tube incandescent; pendant la seconde course directe l'action motrice se produit sur le piston chassé en avant par la détente des gaz, enfin, dans la seconde course rétrograde, les gaz brûlés sont mis en rapport avec les derniers gaz de l'échappement préalablement comprimés dans le cylindre à air chaud.

Le deuxième piston du moteur à pétrole répète le même cycle, mais inversement, de telle façon qu'il travaille pendant que l'autre aspire et vice versa. Le piston du moteur à air chaud agit pendant la première course sous l'impulsion de la détente de l'air comprimé, chauffé, comme il vient d'être dit, par les gaz d'échappement; pendant une partie de sa course rétrograde, il évacue une portion de ces gaz, ensuite le clapet se ferme et pendant la fin de la course, le piston com-

prime les gaz restants pour qu'ils soient prêts à leur tour à recevoir la chaleur des gaz brûlés provenant des cylindres à explosion. Les trépidations sont évitées, le moteur étant équilibré par le fait que les deux petits pistons descendent pendant que le gros monte et que le poids de ce dernier est justement égal à celui des deux petits réunis.

En résumé, le moteur mixte Roser et Mazurier est donc surtout intéressant par ces dispositions qui lui permettent de ne consommer que 300 grammes au plus d'essence à 700 par cheval-heure, résultat qui n'est cependant pas dû à la complication des organes, ceux-ci ne comportant qu'un cylindre supplémentaire, comme on vient de le voir. Il présente donc de réelles qualités et son succès définitif n'est pas douteux.

Moteur Lalbin. — M. Lalbin, de Nantes, paraît s'être préoccupé, dans la combinaison de son moteur que représente la figure 107, de créer l'analogue des machines à vapeur Westinghouse, ou mieux

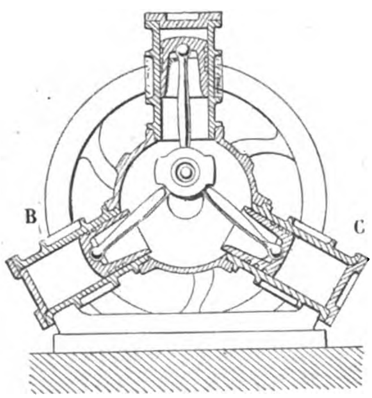


Fig. 107. — Moteur Lalbin (Coupe).

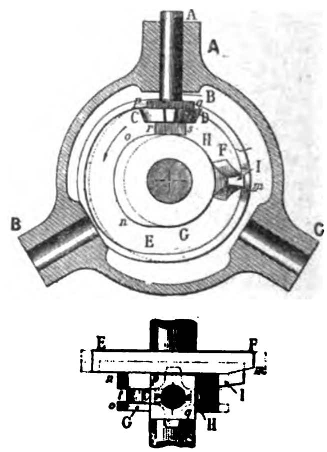


Fig. 108 et 109. — Détails de la distribution.

Brotherhood, que nous avons décrites dans le chapitre II de cet ouvrage. Il a tenté de créer un modèle de grande puissance relativement

à son volume et à son poids, et il est parvenu à augmenter sensiblement la puissance spécifique du moteur à explosion. Ainsi le type de 1/2 cheval ne pèse que 40 kilogrammes, et celui de 8 chevaux, 350 kilogrammes, et leur combustion ne dépasse pas 500 grammes par heure-cheval.

Ce moteur, fonctionnant suivant le cycle ordinaire à quatre temps, se compose de trois cylindres disposés à 120° l'un de l'autre ; l'action est donc presque constante sur l'arbre, auquel chaque piston est relié par une bielle courte articulée sur une manivelle unique. Le volant indispensable dans tous les autres moteurs, a donc pu être ramené à son minimum de masse. La distribution est réglée de façon à ce que les cylindres donnent une explosion par tour et qu'il y ait trois poussées motrices pour une révolution de l'arbre. Ainsi, quand un piston reçoit l'effort des gaz, son voisin achève l'aspiration et commence la compression, tandis que le troisième est à la période d'échappement. Les interruptions de travail ne sont, par suite, que de 1/6 de tour entre chaque explosion.

L'allumage des vapeurs d'hydrocarbures est produit par tube incandescent, ou mieux par l'étincelle électrique, et le réglage de la vitesse est opéré par une poulie à force centrifuge agissant sur le robinet d'admission.

Moteur Forest. — M. Forest s'est appliqué à construire des types de moteurs à gaz et à pétrole vraiment pratiques et on peut dire qu'il a entièrement réussi. Dans le genre qui nous occupe nous citerons particulièrement son modèle fixe (fig. 110) et son modèle à pilon pour bateaux (fig. 111). Les cylindres du premier sont disposés dans le prolongement l'un de l'autre et le mélange explosif est introduit entre deux pistons qui travaillent en s'écartant l'un de l'autre. Leur mouvement est transmis à l'arbre par deux balanciers verticaux suspendus en leur milieu, et deux bielles articulées. L'allumage est

opéré par tube incandescent, et le régulateur agit sur la soupape d'admission qui demeure close lorsque la vitesse dépasse la normale.

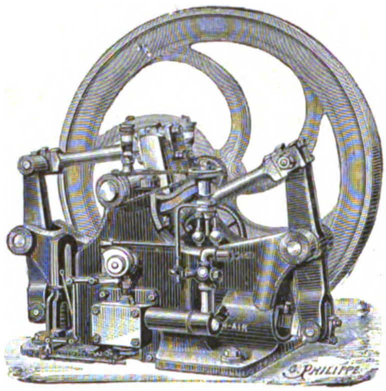


Fig. 110.— Moteur à balanciers de Forest.

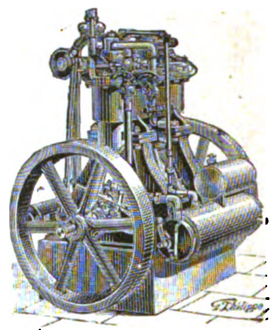


Fig. 111. — Moteur-pilon de Forest.

Ce dispositif étant peu économique. M. Forest l'a abandonné pour établir des moteurs-pilons, possédant un ingénieux système de cames commandant les soupapes d'admission et d'échappement, et au moyen duquel, par un simple mouvement imprimé à l'arbre portant ces cames, on peut obtenir, instantanément et à volonté, la marche avant ou la marche arrière. Ces machines ont été appliquées à la navigation et ont constamment donné toute satisfaction à leurs propriétaires.

Moteur simultané Astresse. — Ce système (fig. 112), dont un exemplaire était exposé aux Tuileries, rappelle singulièrement la disposition du moteur Forest, figure 110, mais, reconnaissons-le tout de suite, perfectionné à certains points de vue. Le principe est le même. L'arbre à double vilebrequin reçoit l'effort des pistons circulant en sens inverse dans un cylindre unique par l'intermédiaire, non de balanciers oscillants, mais de bielles articulées sur des glissières horizontales. Le refroidissement est assuré par la circulation de l'air autour des ailettes venues de fonte avec le cylindre;

l'allumage est électrique, et la consommation est réduite, la compression atteignant 4 kilogrammes à la fin de la course.

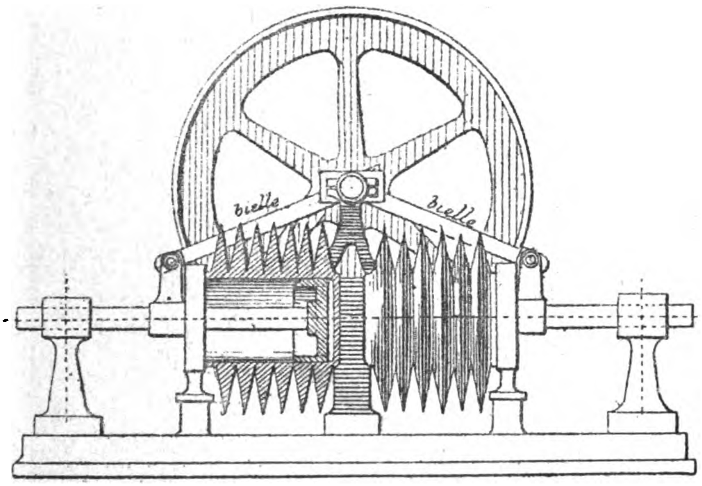


Fig. 112. — Moteur Astresse (Coupe).

Le moteur Astresse est certainement le plus léger moteur à pétrole connu : le type de six chevaux qui était exposé ne pesait que 80 kilogrammes environ, soit 13 kilogrammes environ par cheval. Il est également d'un prix modeste : 2.000 francs pour six chevaux. Son succès pour toutes les applications où une excessive légèreté est absolument de rigueur est assuré, d'autant plus que ses accessoires sont réduits au strict nécessaire, et qu'il est à la fois simple et robuste. Mais, de même que pour le moteur Arbel et Tihon, il paraît que ce système n'est pas encore « au point » car il n'en est déjà plus question maintenant.

Moteur « Balance » de Capitaine. — Tous les moteurs à pétrole lampant sont d'un aspect assez lourd, et, en réalité, ils sont plus pesants que les moteurs à essence de puissance équivalente. Nous ne donnerons donc ici la description d'aucun de ces moteurs, plus spé-

cialement destinés, d'ailleurs, aux usages de l'agriculture, et nous renverrons le lecteur désireux d'avoir des renseignements détaillés sur ce genre d'appareils, à nos précédents ouvrages le *Conducteur*

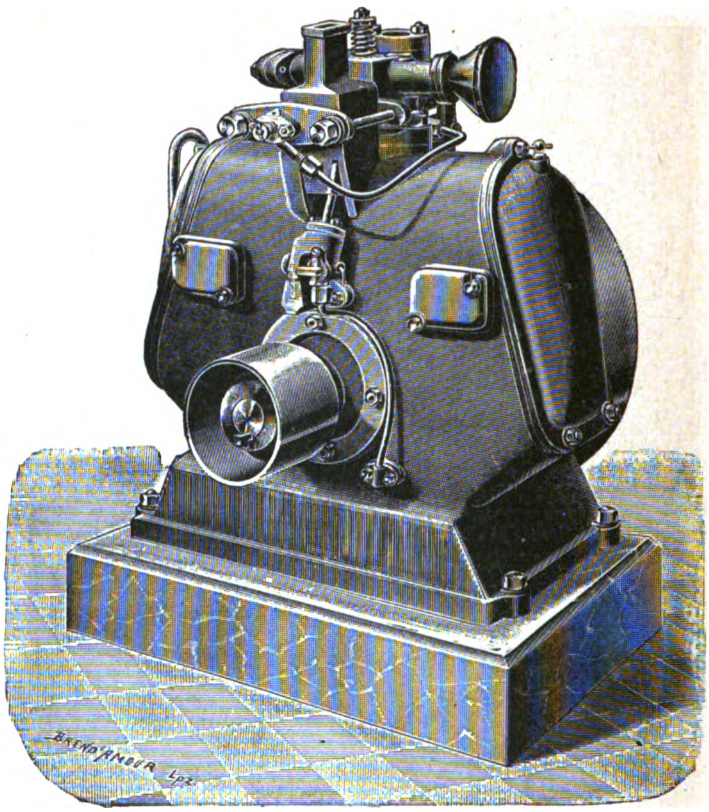


Fig. 113. — Moteur « Balance » de Capitaine.

de machines et le *Conducteur* de *moteurs à gaz et à pétrole* (1) notamment, où les types de Grob, Capitaine, Brouhot, Merlin, Akroyd, Seguin, Priestman, Campbell, etc., sont passés en revue.

Nous ferons une seule exception pour le modèle dit « balance » de

(1) *Petite Encyclopédie Electro-mécanique*, vol. V et VI. E. Bernard et Cie, éditeurs.

l'ingénieur Capitaine (Louis Herlicq, concessionnaire à Paris), modèle qui est relativement léger et se prête avantageusement aux besoins de la locomotion. Ce moteur, que représente la figure 76, possède un cylindre et deux pistons dont l'effort est reporté sur l'arbre à vilebrequin au moyen de deux leviers.

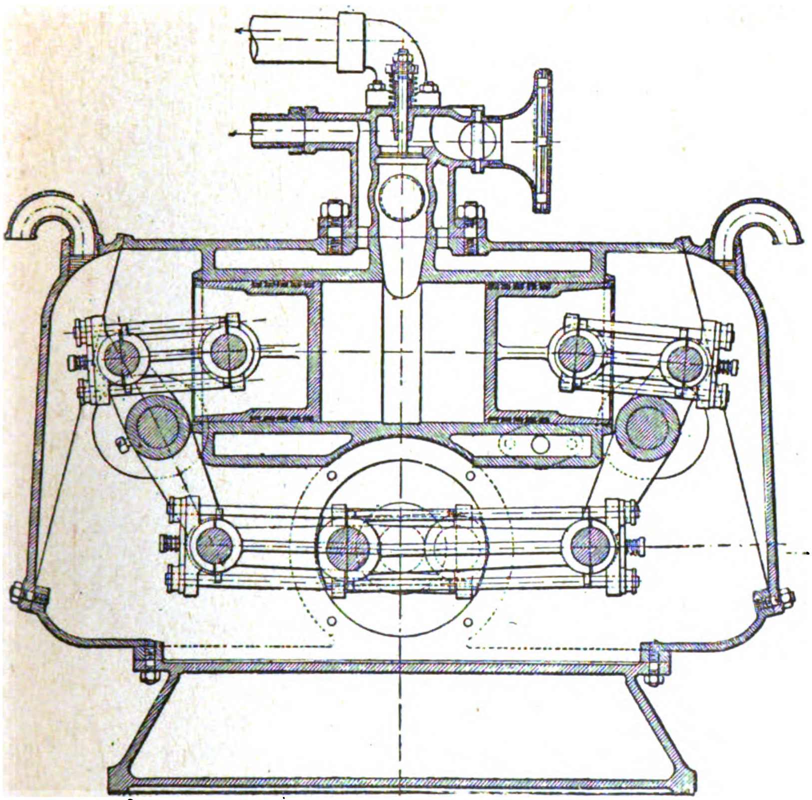


Fig. 114. — Moteur Capitaine équilibré (coupe).

Cet agencement produit un balancement régulier des masses en mouvement et évite toute secousse. Tous les organes sont enfermés à l'intérieur du bâti et protégés contre l'eau et la poussière ; cependant il est facile de les visiter en enlevant l'un des flasques en fonte

formant l'un des côtés du bâti. Le graissage des pièces en mouvement est assuré par barbotage dans un bain d'huile au fond du bâti.

Une manivelle permet de mettre le moteur en marche, elle est actionnée à la main dans les types de faible puissance et par l'air comprimé dans les grosses unités.

Un gazéificateur, pour la vaporisation du pétrole lampant employé dans ce moteur, est disposé à l'intérieur de la chambre à combustion et recouvert de matières non conductrices. Les gaz très chauds et à grande expansion traversent seuls le vaporisateur après chaque explosion, en ouvrant après l'expansion une petite soupape qui se referme aussitôt après pour ouvrir la grande soupape d'échappement.

Moteur Pellorce. — Ce moteur, destiné aux usages industriels les plus divers, est fixe, et il est remarquable par la simplicité de son mécanisme. Sa soupape d'admission K (fig. 115), placée sur la culasse, fonctionne automatiquement et la soupape d'échappement S est commandée, par l'intermédiaire d'un levier, au moyen d'une came calée sur un arbre de distribution à demi-vitesse parallèle à l'arbre de couche. Le régulateur agit en fermant l'ouverture de cette soupape ; un ressort compensateur permettant, d'autre part, de modifier à volonté la vitesse de régime. L'allumage est effectué par un tube incandescent logé dans la cheminée *e*.

La gravure ci-incluse, extraite du *Traité théorique et pratique des Moteurs à gaz*, par le professeur Witz (1) donne l'aspect d'un moteur Pellorce alimenté d'air carburé par un appareil à gazoline placé derrière lui. L'essence contenue dans le réservoir *a* s'écoule par le conduit *g* dans le carburateur *c* chauffé par les gaz de l'échappement, amenés par le tube *p* dans la boîte *q*. Le registre *r*

(1) Voy. *Witz*. vol. III. page 272.

permet de faire passer ces gaz en totalité ou en partie dans l'appa-

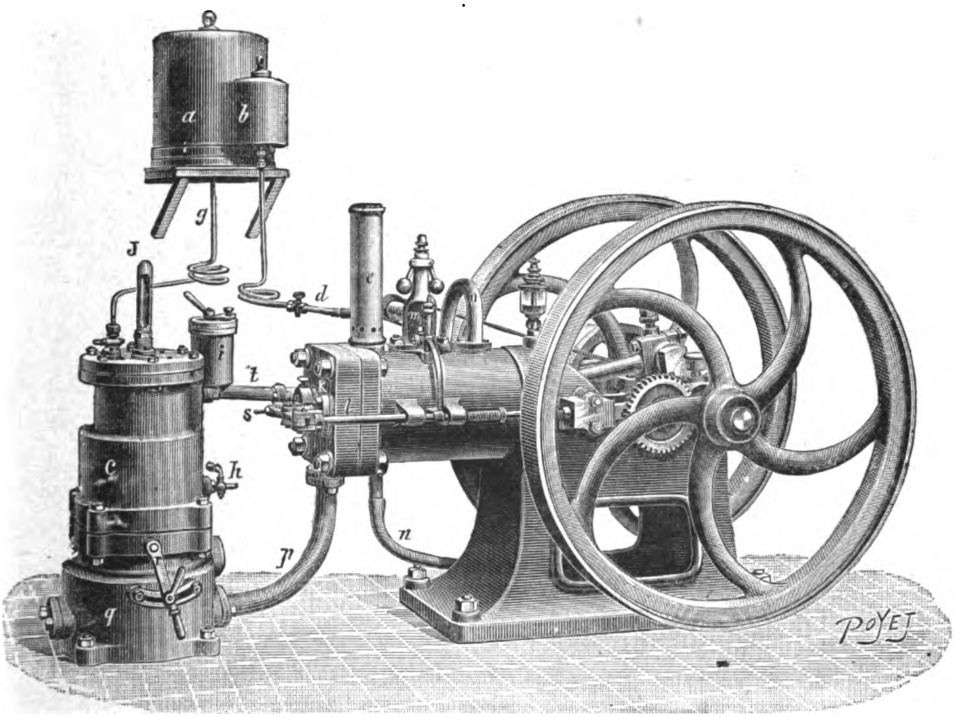


Fig. 115. — Moteur fixe Pellorce.

reil. L'air est amené par le tube *i* et l'alimentation du cylindre se fait par le tuyau *t*.

Moteur Gardner. — C'est un modèle très apprécié en Angleterre, et qui est représenté en France par MM. Dalifol et Thomas. Il ne possède pas, comme le type Otto, d'arbre de distribution ; ce sont deux excentriques qui commandent, l'un l'admission, l'autre l'échappement. L'arbre de ces excentriques est parallèle à l'arbre de couche et il fait un tour pour deux de ce dernier.

L'excentrique d'admission attaque, par une tringle longitudinale, un levier à deux branches dont l'une ouvre la soupape de mélange

et de prise d'air tous les deux tours, tandis que l'autre n'agit sur la soupape à gaz (ou à pétrole) que par le jeu d'un régulateur d'inertie. Ce régulateur est d'une très grande simplicité et il fonctionne sans à-coups et silencieusement.

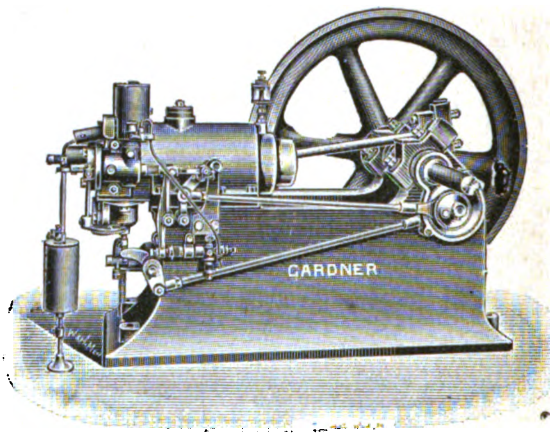


Fig. 116. — Moteur à pétrole Gardner.

Voici comment fonctionne ce régulateur : le levier dont nous venons de parler porte une sorte de balancier horizontal, agissant par l'avant sur la tige de la soupape de gaz, et muni à l'arrière d'un taquet. Celui-ci rencontre dans son mouvement un plan incliné fixe, qui fait pivoter le balancier sur son axe ; mais un ressort tend constamment à le ramener dans sa position horizontale. Quand le taquet perd le contact du plan incliné, le ressort rabat le balancier, mais pas assez vite en marche normale pour que l'avant manque la tige de la soupape. Si, au contraire, la machine s'emballe, le balancier n'a plus le temps d'exécuter son mouvement et il retombe sur la tige qu'il n'actionne plus.

Ce dispositif est ingénieux et il fonctionne bien.

Il s'applique sans difficulté à l'emploi du pétrole lampant ; l'huile arrive en charge dans une pompe, actionnée sous la dépendance du régulateur par le même balancier qui ouvre le robinet de gaz dans le

moteur à gaz ; le carbure est refoulé dans le carburateur chauffé par une lampe. C'est encore un moteur simple et de construction peu coûteuse.

Moteur Southall. — Dans ce système, toutes les soupapes de distribution sont logées dans la culasse du fond du cylindre et elles sont commandées par un arbre transversal à demi-vitesse actionné au moyen d'une roue à dents et d'une chaîne de Gall. Cet arbre porte deux cames : faisons observer que ces cames n'agissent pas directement sur les tiges des soupapes, mais sur des lames interposées entre elles et suspendues à un prolongement de l'arbre du régulalateur. Les constructeurs revendiquent pour ce dispositif une grande facilité d'entretien et une diminution d'usure : ce dernier avantage nous paraît discutable.

L'arbre du régulateur est disposé au-dessus de l'arbre de distribubution et parallèlement à sa direction.

La régulation s'opère par un moyen véritablement nouveau. Les deux cames d'admission et de décharge sont montées sur un manchon unique, à rainure, obligé de tourner avec l'arbre de distribution, mais pouvant glisser sur lui. Or, le régulateur détermine ce glissement de telle façon que, pour un accroissement de vitesse, la came d'admission ne soit plus en face de la tige correspondante et qu'elle ne fasse plus ouvrir la soupape ; le même glissement du manchon a aussi pour effet d'amener devant la tige de la soupape de décharge une seconde portée de la came d'échappement qui laisse cette soupape ouverte durant les deux courses suivantes du piston. Dès lors, il n'y a plus admission de mélange explosif et il se produit simplement une aspiration et un refoulement d'air par l'ouverture de la décharge. Le déplacement susdit de la came est opéré par un mécanisme assez compliqué, que nous jugeons inutile de décrire, mais dont le fonctionnement permet de marcher à des vitesses de 400

tours pour les petits moteurs. Un moteur de 1,5 cheval a 112 millimètres de diamètre, 0^{m},225 de course et il effectue 300 tours. Il est construit par le concessionnaire français des moteurs à gaz ou à pétrole Southall, M. Berthier-Wallet, de Lille.

Tels sont les principaux systèmes de moteurs à explosion présentant des qualités réelles de légèreté qui permettent de les recommander pour tous les usages où cette qualité est primordiale. Nous allons maintenant arriver aux types spécialement appliqués à l'automobile, et dont l'expérience a montré les avantages et les défauts respectifs.

Moteur le « Cyclope » de Daniel Augé. — L'inventeur a donné ce

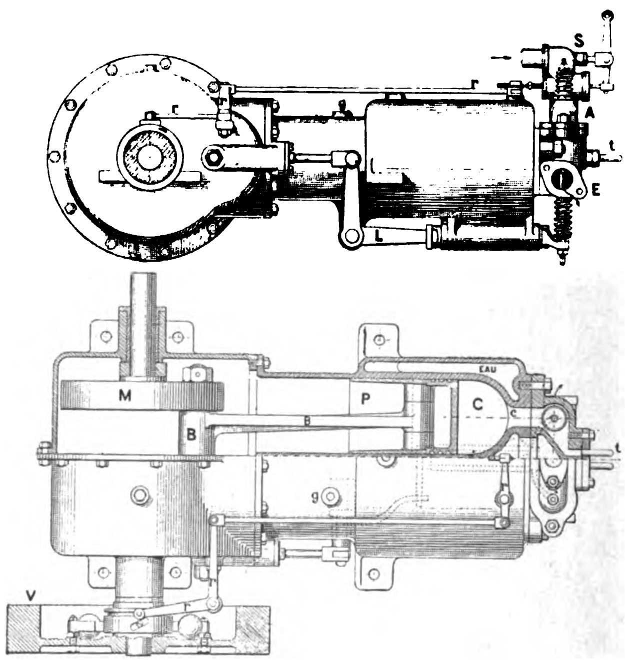


Fig. 117 et 118. — Mécanisme du moteur le « Cyclope ».

nom un peu bizarre à son moteur en raison de ce fait que la disposition des chanbres d'explosion des deux cylindres horizontaux jumelés

permet de placer côte à côte les deux tubes d'allumage et de les chauffer à l'aide d'un brûleur unique.

Les cycles des deux cylindres sont alternés de façon à obtenir une explosion par tour ; une double bielle à tête unique actionne le vilebrequin fixé entre deux plateaux-manivelles. Un régulateur, placé dans le volant, agit par étranglement de l'admission ; les soupapes d'admission sont automatiques, celles de décharge sont commandées

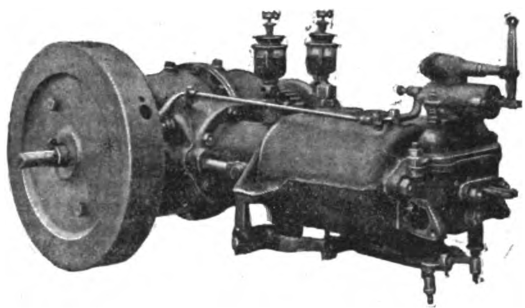


Fig. 119. — Le « Cyclope » de Daniel Augé. (Type fixe).

par un balancier actionné par un levier dont le déplacement est déterminé par une came fraisée dans un pignon denté faisant un tour pour deux du moteur.

Voici comment le régulateur modère l'admission. L'écartement des boules a pour effet de faire tourner un collier mobile sur le moyeu même du volant ; or, ce collier porte deux coulisses inclinées, guidées par deux goupilles du moyeu, et tout déplacement circulaire du collier a pour conséquence un mouvement latéral qu'on transmet à une valve régulatrice. Celle-ci se compose d'une sorte de robinet dont le boisseau est mobile à la fois autour de son axe et le long de cet axe. La commande circulaire est faite à la main, tandis que le mouvement de l'axe est donné par le régulateur.

Le carburateur est pourvu d'un régulateur micrométrique.

Moteur le « Jupiter » de M. Bouvier-Dreux. — Ce moteur ne présente rien de bien particulier dans sa disposition. La soupape d'admission est disposée verticalement sur la culasse, et la soupape de décharge latéralement, sa tige horizontale étant commandée par une came.

Le carburateur se compose d'un récipient muni d'un flotteur à pointeau, qui ferme le tuyau amenant l'essence, quand un certain niveau est établi. L'air aspiré traverse un ajutage à rainures qui lui fait prendre un mouvement giratoire : de plus, deux petites turbines placées au-dessus de l'ajutage tournent rapidement et brassent le mélange d'air pur et d'air carburé.

Moteur l'Elan. — Ce moteur est à deux cylindres verticaux parallèles, équilibrés par un accouplement spécial; les cames des soupapes d'échappement commandées, sont disposées de manière à donner une explosion par tour. Les cylindres portent une ouverture que le piston découvre à fond de course, et qui produit un échappement anticipé, à travers un tuyau qui débouche dans la conduite de décharge des gaz ; quand la soupape de décharge s'ouvre, une partie des gaz brûlés a donc déjà été évacuée et leur température est abaissée; cette soupape est par suite moins exposée à s'échauffer anormalement. Les cylindres sont à ailettes ; leur paroi, consolidée par des brides d'acier, est d'ailleurs très mince, afin de faciliter le refroidissement par conductibilité.

L'allumage est électrique avec avance réglable à volonté.

Il y a deux vilebrequins, actionnés chacun par une bielle, mais rendus solidaires par des roues dentées : les masses ont donc des mouvements simultanés, mais inverses, et leurs effets d'inertie se compensent.

Un graisseur permet d'envoyer du pétrole dans les cylindres pour faciliter les mises en marche.

Moteur le « Succès ». — MM. Japy frères ont adapté leur excellent moteur à la traction des voitures ; il devait se prêter aisément à cette application. Pour obtenir un équilibre parfait et supprimer les trépidations, ils ont donné la préférence au type de machine à deux pistons marchant en sens inverse dans un même cylindre. Les engrenages de la commande de l'échappement sont remplacés par une sorte de navette, agissant sur le régulateur. Ce moteur fait 560 tours et développe 6 chevaux.

Ce moteur est muni d'un très curieux appareil de mise en route, dont la description intéressera nos lecteurs : il évite les coups de recul auxquels on s'expose, lorsqu'une explosion prématurée se produit. La manivelle de mise en train est calée sur un arbre spécial, parallèle à l'arbre moteur et relié à celui-ci par l'intermédiaire d'une chaîne sans fin ; l'arbre spécial porte une sorte de débrayage automatique à friction, constitué par deux cônes emboîtés l'un dans l'autre et pressés l'un contre l'autre par un ressort ; un rochet à cliquet est d'ailleurs monté sur cet embrayage. Le ressort de pression est réglé par des écrous à une tension équivalente à la force nécessaire pour lancer le moteur ; s'il se produit une explosion à contre-temps, les cônes glissent l'un dans l'autre et, comme le rochet est arrêté par son cliquet, le choc ne se transmet pas à la manivelle.

Moteur le « Touriste » (Système J. Bouché). C. Monin, constructeur. — Ce moteur (fig. 120 et 121) comporte deux cylindres horizontaux accolés K et K_1, montés sur un carter fermé, en deux parties (l'une fixe L, formant bâti, l'autre N, amovible, pour la visite des bielles) qui permet au vilebrequin équilibré, à un seul coude, et aux pistons de se mouvoir dans l'huile.

Les soupapes d'échappement H et H_1, disposées horizontalement, sont actionnées en temps voulu par un levier oscillant unique I, commandé par un excentrique J, monté sur un arbre intermédiaire dont

la vitesse est la moitié de celle de l'arbre moteur. Le régulateur E, placé dans le volant, vient agir par le levier D sur une valve d'introduction du mélange gazeux disposée dans la boîte C et limite la

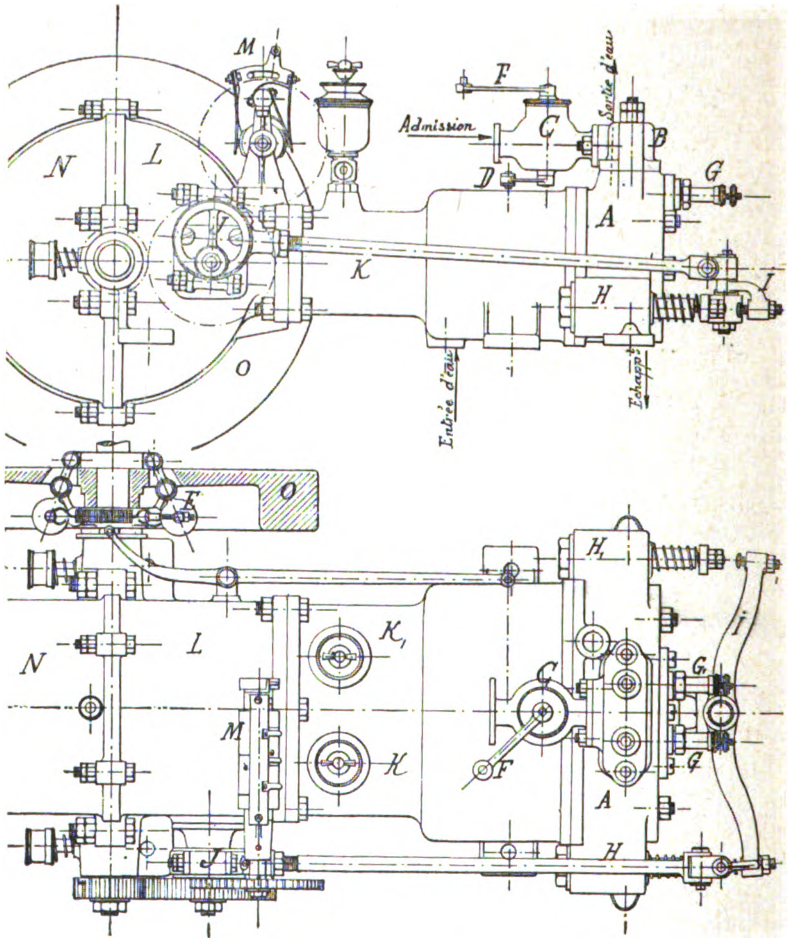


Fig. 120 et 121. — Moteur le « Touriste » de Bouché. (Monin constructeur.)

vitesse entre 500 et 600 tours. Une deuxième valve, commandée à la main au moyen du levier F, permet de faire varier la vitesse en dehors de l'action du régulateur.

L'allumage électrique est effectué au moyen d'un distributeur spécial M, avec un dispositif pour le réglage de l'avance ; les deux bougies d'allumage sont montées sur une bride unique pour en faciliter le démontage et le remplacement.

Ce moteur est simple et robuste ; tous les organes en sont faciles à démonter et à visiter.

Moteur Duplex. — Dans ce moteur, les deux faces du piston sont utilisées, autrement dit le moteur est à double effet. Il diffère de la généralité des moteurs à pétrole en ce sens que la charge explosive, au lieu d'être comprimée et enflammée en son entier dans le fond du cylindre où le piston l'a aspirée, se divise au moment de la compression, de façon à ne conserver que la moitié du volume du côté où se fait l'aspiration et à faire passer l'autre demi-volume en avant du piston, dans la partie antérieure du cylindre, laquelle est fermée, comme dans une machine à vapeur. Il s'en suit que le premier demi-volume est comprimé puis enflammé et que, pendant la détente, le deuxième demi-volume est à son tour comprimé et enflammé : on obtient ainsi deux explosions dans une révolution.

En accouplant deux moteurs et en calant les manivelles à 180°, on obtient une marche très économique.

Moteur Estève, *avec allumage par effet catalytique du platine.* — On connaît depuis longtemps les curieuses propriétés que possède le platine, de condenser dans ses pores de grandes quantités de gaz et de devenir incandescent sous l'influence de cette condensation. Ces propriétés qui concourent à faciliter la combinaison des gaz entre eux et, par suite, l'explosion des mélanges tonnants, viennent d'être utilisées par M. A. Estève pour l'allumage des moteurs à carbure d'hydrogène. Elles permettent de réaliser un allumeur d'une grande simplicité de construction, puisqu'il suffit de placer un morceau de pla-

tine dans l'intérieur d'une chambre spéciale pour produire les explosions sans ratés et une marche sans arrêt. L'inventeur fait valoir la double économie à laquelle conduit ce mode d'allumage : d'une part, la condensation des gaz dans les pores du platine exige moins de pétrole pour une force donnée, car il se trouve complètement brûlé; d'un autre côté, par la suppression de la lampe qui doit être maintenue allumée pendant la marche du moteur, pour entretenir l'incandescence du tube ordinaire d'allumage, on évite une dépense de 2 à 3 litres de pétrole par jour, ainsi que les arrêts pouvant résulter de son fonctionnement défectueux. Les conséquences avantageuses résultant de l'emploi de cet allumeur, s'étendraient aussi à la suppression de l'encrassement du cylindre ; en raison de la combustion complète du mélange explosif, une marche de 20 jours a pu être réalisée, sans encrassement anormal.

M. Estève revendique encore l'avantage de pouvoir réaliser avec le pétrole lampant des vitesses aussi grandes qu'avec l'essence, malgré la différence de leurs températures d'inflammation. Enfin, l'élasticité de l'allure serait accrue largement ; de très faibles vitesses sont réalisables sans ratés, soit à pleine charge, soit même à vide.

Ce nouveau moteur est débarrassé absolument de tous organes inutiles. Son bâti est formé par deux coquilles placées l'une sur l'autre ; elles servent de coussinets à l'arbre moteur et forment une boîte sur laquelle se trouve le cylindre à ailettes. Cette boîte renferme tous les organes de la machine qui, du reste, sont réduits à la bielle, à l'arbre manivelle et aux engrenages actionnant la soupape d'échappement, seul organe commandé mécaniquement.

Le moteur, quoique très petit, constitue ainsi une machine très robuste, ayant tous ses organes à l'abri de la poussière et ne donnant pas lieu à des projections d'huile au dehors.

Comme l'explosion est produite dans une chambre isolée du cylindre, celui-ci conserve une température relativement peu élevée; aussi l'emploi d'ailettes est-il suffisant pour le refroidissement.

Le pétrole est emmagasiné dans un réservoir placé au-dessus du moteur, contre un mur ou tout autre support, et il s'en écoule par gravité au travers d'un robinet gradué qui l'admet dans la chambre d'explosion. Pour la mise en train, on chauffe cette dernière au moyen d'une lampe à souder ordinaire; au bout de quelques minutes, on peut lancer le moteur.

M. A. Estève a pu construire, suivant les dispositions qui viennent d'être sommairement décrites, de très petits moteurs horizontaux et verticaux fonctionnant au pétrole avec régularité et mis, par leur simplicité même, à l'abri de multiples causes de dérangement; leur emploi paraît tout indiqué pour les automobiles; ils consomment, suivant leur puissance, 350 à 400 grammes de pétrole par cheval-heure.

Le moteur de 1/4 de cheval au frein fait 600 à 900 tours par minute et pèse 28 kilogrammes, sans le socle; il a 0,54 de hauteur sur 0,24 de largeur et 0,35 de longueur. Le type de 6 chevaux à 200-250 tours, pèse 900 kilogrammes et tient dans un emplacement de 0,60×2 mètres sur 0,80 de hauteur.

Moteur Lutzman. — La caractéristique de ce moteur est de donner une explosion à chaque tour avec un seul cylindre moteur; au bout de ce dernier, est disposé en tandem un autre cylindre chargé de faire la compression du mélange carburé. A cet effet, la tige du piston moteur entraîne, quand elle va de droite à gauche, un piston auxiliaire, qui aspire le mélange produit par l'introduction d'air chaud dans un réservoir à essence placé en charge; à la fin de cette course, des crochets qui établissent la liaison des deux pistons butent contre des taquets et s'ouvrent. Le piston auxiliaire, fou sur sa tige, est alors ramené vers la droite de son cylindre par un ressort; dans ce mouvement, il comprime le mélange et l'envoie au cylindre moteur dont l'enveloppe renferme un certain nombre de tubes ouverts, par lesquels s'effectuent l'aspiration et le réchauffage de l'air. Ce dispositif est peut-être ingénieux, mais est-il bien pratique ?

Moteur Roots et Venables. — La chambre des manivelles est fermée de façon à constituer une pompe à air pourvue d'un réservoir latéral alimentant à une pression constante le vaporisateur et l'allumeur auxquels le pétrole lampant est admis par le tiroir ; celui-ci est actionné par un levier relié à la tige de la soupape d'échappement qui est commandée par une came tournant à une vitesse réduite de moitié. La soupape d'admission placée vis-à-vis de la précédente, fonctionne automatiquement.

La régulation est effectuée par l'introduction, dans la course de la soupape d'échappement, d'un butoir qui la maintient ouverte, tout en permettant à une petite quantité d'huile de se rendre au vaporisateur.

Dans la machine à deux cylindres, les manivelles sont diamétralement opposées ; leurs chambres respectives sont divisées par une cloison ; il en est de même des vaporisateurs et des inflammateurs, bien que les uns et les autres soient formés d'une seule pièce ; chaque allumeur est pourvu d'une lampe distincte.

Moteur Cambier. — On a établi, pour de grands omnibus destinés à des services publics en Algérie, un type de moteur à trois cylindres pouvant développer 30 chevaux environ. Nous avons dit que nous n'étions pas partisans des moteurs à essence aussi puissants : cette opinion nous fait trouver encore plus hardie la tentative de M. Cambier que nous serions désireux de voir réussir.

Les trois cylindres à simple effet C du moteur (fig. 121 *bis* et 121 *ter*) sont disposés parallèlement, côte à côte, mais les manivelles sont calées à 120°. L'arrivée de l'air carburé se fait par le tuyau A ; l'échappement par le tuyau E. Les soupapes d'admission S sont automatiques ; celles d'échappement S' sont manœuvrées par trois leviers L, soulevés au moyen d'un arbre porte-cames *c* qui reçoit la commande de l'arbre par pignon et chaîne de Galle.

Un régulateur à force centrifuge est monté dans le volant et vient agir sur les soupapes d'échappement au moyen du levier N et de la tringle transversale T; il maintient la vitesse à 450 tours environ.

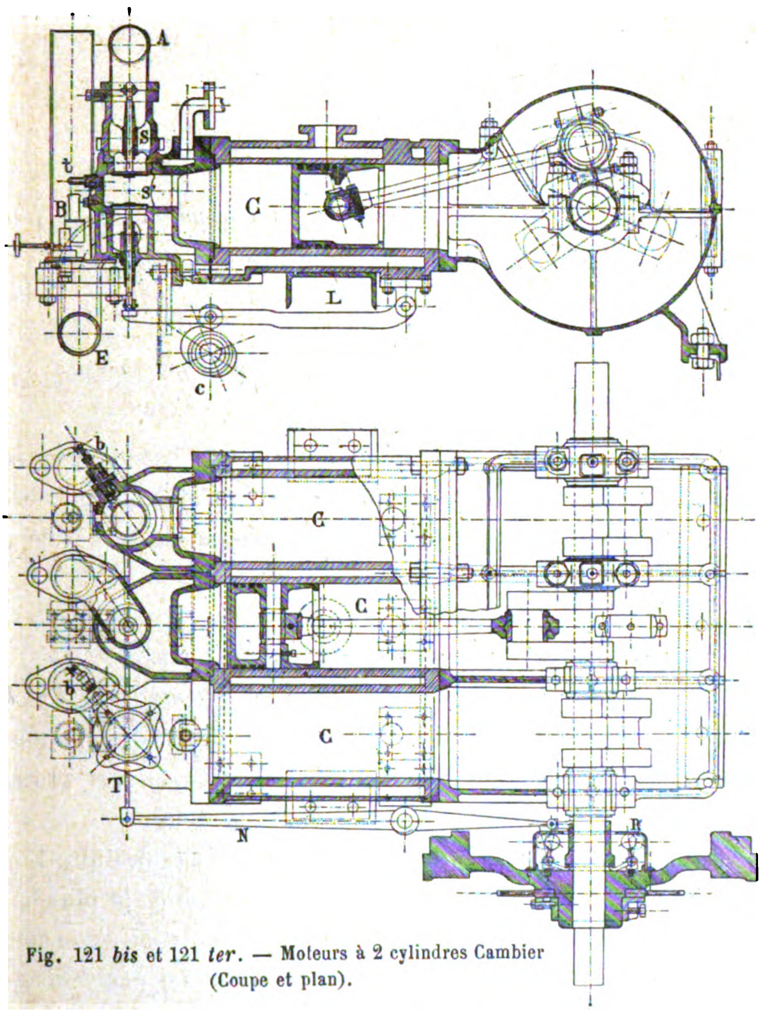


Fig. 121 *bis* et 121 *ter*. — Moteurs à 2 cylindres Cambier (Coupe et plan).

L'allumage peut être fait, soit électriquement à l'aide des bougies *b*, soit par incandescence en employant les tubes de platine *t*, chauf-

fés par des brûleurs Longuemare B. Ce double allumage a été adopté afin de faciliter la mise en train pour laquelle on emploie l'étincelle électrique.

Il est certain que la difficulté de cette mise en train augmente avec la puissance de la machine; c'est un inconvénient que l'on supprime dans les moteurs à gaz au prix de mécanismes trop compliqués pour être appliqués aux automobiles.

M. Cambier, reprenant une idée préconisée par Otto, a essayé de tourner la difficulté en supprimant presque totalement la compression; dans ce but, il déplace son arbre porte-cames *c* et met en prise avec les soupapes d'échappement un second système de cames qui les soulève tous les tours. Comme il en résulte que le mélange gazeux explose plus difficilement, il devient nécessaire de l'enflammer par l'étincelle très chaude d'un courant électrique.

L'idée est certainement très simple et très ingénieuse, néanmoins nous craignons que le démarrage du moteur ne s'effectue que difficilement du premier coup à cause de la faible puissance développée par l'explosion initiale.

Refroidissement des cylindres dans les moteurs a pétrole. — Dans une suite d'articles parus en 1898 dans la *Revue Industrielle*, M. Gérard Lavergne a étudié les diverses conditions de fonctionnement de ces moteurs et nous reproduirons ici sa revue des procédés employés pour la réfrigération des parois des cylindres.

« Avec les grandes vitesses de rotation admises aujourd'hui, le refroidissement des cylindres est devenu une question de la plus haute importance. C'est le plus ordinairement de la circulation d'eau autour de la chambre d'explosion que l'on fait usage. Le mouvement du liquide est obtenu à l'aide d'une pompe spéciale, ou simplement assuré par les différences de densité qui se produisent dans le circuit, le cylindre étant disposé à la partie basse de ce dernier. Ce procédé a

le gros ennui de nécessiter de fréquentes alimentations du réservoir à eau, surtout en été : pour beaucoup de voitures, il faut à peu près tous les 20 kilomètres remplacer le liquide évaporé. Pour combattre l'échauffement trop rapide de l'eau, on la fait circuler dans des tubes ou serpentins, entre lesquels le mouvement de la voiture assure une rapide circulation d'air frais, M. P. Royer a proposé de remplacer à cet effet les pare-crotte de cuir ou de bois des voitures par des ailes tubulaires, dans lesquelles l'eau se rafraichirait. M. J. Dupont a recours à un récipient spécial muni d'ailettes. M. Lepape a essayé un assez grand nombre de refroidisseurs, notamment celui qui consiste, après que l'eau a circulé autour des cylindres et du carburateur, à la faire remonter à la partie supérieure de la bâche et à la laisser ensuite retomber en pluie sur quatre plans inclinés en tôle : le courant d'air, qui passe à travers les gouttelettes liquides, en sépare la vapeur qui les échauffe le plus. Cet inventeur semble s'être arrêté à un système qui met en œuvre la perméabilité de la toile à voile, comme celle qu'utilisent les pompiers pour la fabrication de leurs seaux : cette perméabilité a, à ses yeux, le double avantage d'augmenter la surface de contact du liquide avec l'air ambiant et de permettre à la vapeur de se séparer du liquide.

Malgré tous ces dispositifs, l'emploi de l'eau, qui présente encore l'inconvénient de se congeler très facilement en hiver, quand on la laisse dans une voiture au repos, si on n'a pas eu le soin de l'additionner de glycérine, est une très grande sujétion, dont on peut heureusement s'affranchir pour les petits moteurs.

Ceux-ci sont simplement munis d'ailettes, destinées à augmenter le refroidissement par l'air extérieur. Ces ailettes sont le plus souvent en fonte, faisant partie intégrante du cylindre. M. Moreau emploie des ailettes en cuivre, forcées autour du cylindre; dans le moteur l'*Aster*, celui-ci est entouré de véritables frettes, aussi en cuivre, qui ont l'avantage de lui assurer une plus grande résistance, en même

temps qu'un refroidissement plus efficace, à cause de la conductibilité du cuivre, meilleure que celle de la fonte. M. Grivel est en train d'expérimenter des ailettes en aluminium contournant en spirales le cylindre. Sur les ailettes, M. Klaus fait agir les gaz de l'échappement, de manière à produire autour d'elles une circulation d'air plus active; mais il doit, semble-t-il, leur éviter le contact même de ces gaz qui, au sortir du silencer, sont encore très chauds.

M. Diligeon, et quelques autres constructeurs, actionnent encore un ventilateur produisant un courant d'air énergique autour du cylindre. Enfin, il faut mentionner, au nombre des procédés les plus rationnels et ayant donné les meilleurs résultats, les tuyaux à ailettes fabriqués par MM. Grouvelle et Arquembourg. C'est un moyen énergique de réfrigération de l'air en circulation, et qui permet de restreindre et de limiter à une très faible quantité la provision d'eau indispensable à bord des voitures automobiles. »

CHAPITRE VII

LES MOTEURS D'AUTOMOBILES

MOTEURS DE PEUGEOT, DE DAIMLER, LEPAPE, HENRIOD, RAVEL
BRITANNIA, HUNTER
PARKER, LISTER, LANCHESTER, NICOLAS, BRITANNIA, ETC.

Moteur des voitures Peugeot. — Le bâti de ces voitures est en plusieurs parties : il se compose à l'avant d'une boîte cylindrique coupée en deux, suivant un plan passant par l'axe des cylindres : il suffit de déboulonner ainsi la partie supérieure pour avoir accès aux différentes parties du mécanisme. Une ouverture plus petite, fermée normalement par un cercle à coulisse, permet de graisser rapidement ; sur les côtés, deux autres orifices sont pratiqués par l'admission de l'air servant à rafraîchir les cylindres. Ce bâti porte également les coussinets de l'arbre moteur principal, sur lequel est calé le volant évidé, représenté figure 122, et disposé pour recevoir la poulie-cône d'un embrayage à friction, servant à transmettre le mouvement à la voiture par l'intermédiaire d'un arbre secondaire, portant les changements de vitesse ; c'est le dispositif bien connu sur lequel nous n'avons pas à revenir.

Le mélange explosif arrive dans les cylindres par les soupapes, à levée automatique, placées à la partie supérieure de la culasse d'arrière, formant à la fois boîte à soupapes et chambre de compression ; les soupapes d'échappement sont situées au-dessous de cette boîte et les cylindres eux-mêmes sont refroidis par la circulation d'eau.

L'allumage se fait par tubes incandescents, chauffés par deux brûleurs spéciaux, logés dans la lanterne que l'on aperçoit à l'arrière de la boîte à soupapes, figure 123. Au-dessous des cylindres se trouve un arbre D agissant sur un levier et une coulisse K qui vient s'en-

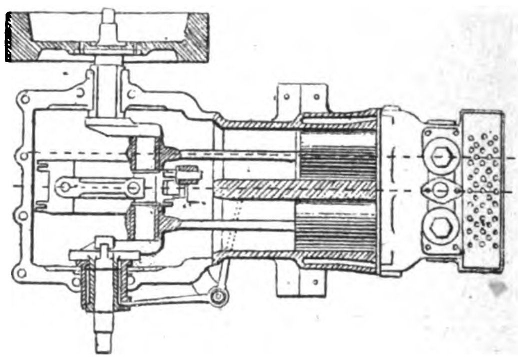


Fig. 122. — Moteur Peugeot (coupe en plan).

gager dans une rainure correspondante de la came C, figure 124; un déplacement angulaire lui est ainsi communiqué pour transmettre une rotation partielle à l'arbre de distribution qui se termine par la pièce E en V renversé, représentée figure 123, et située au-dessous des soupapes; cette pièce E porte à ses extrémités des petits

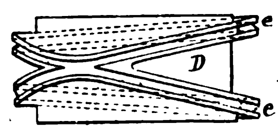


Fig. 123.

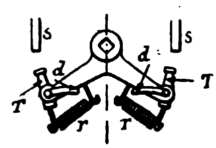


Fig. 124.

leviers F qui, dans le mouvement oscillatoire de l'ensemble, viennent alternativement soulever les soupapes d'échappement au moment voulu. Si la vitesse devient excessive, un régulateur centrifuge, surmontant la résistance du ressort R, placé à l'extrémité avant de l'arbre distributeur D, repousse vers l'arrière par l'action de leviers

appropriés, la douille qui entoure l'arbre D. Ce mouvement fait avancer une pièce spéciale qui, venant agir sur les prolongements des petits leviers F, les fait basculer en tendant les petits ressorts que l'on aperçoit au-dessous. Les leviers F n'ont plus alors d'action sur les tiges des soupapes d'échappement, puisqu'ils ne les rencontrent plus dans leur mouvement oscillatoire; les gaz brûlés ne pouvant s'échapper empêchent l'admission de mélange neuf au tour suivant, et la vitesse du moteur se ralentit. Dès qu'elle est suffisamment diminuée, le régulateur n'agissant plus, le ressort R ramène en arrière la douille D, qui retire à son tour le taquet spécial, lequel n'agit plus sur le prolongement des leviers F, ceux-ci sous l'action de leurs ressorts primitifs, reprennent instantanément la position verticale et actionnent à nouveau les tiges des soupapes d'échappement. On obtient ainsi le réglage automatique de la distribution.

Moteur Daimler. — Ce moteur, construit par Panhard et Levassor est célèbre surtout par son application aux voitures automobiles Panhard qui ont remporté les premiers prix dans les courses de Paris-Rouen 1894 et Paris-Bordeaux 1895. Nous en dirons ici quelques mots.

Dans le modèle de moteur employé pour les voitures, les deux cylindres sont disposés l'un derrière l'autre, non accolés, mais, au contraire, légèrement inclinés sur la verticale. Ces cylindres sont pourvus d'une soupape centrale servant à introduire de l'air comprimé qui chasse les produits de la combustion des gaz, une fois la détente opérée. La soupape d'admission et la soupape d'échappement sont renfermées dans une boîte qui contient également le tube incandescent servant à l'allumage du mélange explosif (fig. 125-126).

Le régulateur, placé sur l'arbre moteur, a pour effet, lorsque la vitesse de la machine dépasse une certaine limite fixée d'avance,

d'empêcher l'ouverture de la soupape d'évacuation. Les gaz brûlés restant dans le cylindre s'opposent à l'introduction d'une nouvelle charge de gaz et la machine fait un tour sans explosion motrice. Les volants de régularisation de la vitesse sont également renfermés, avec le mécanisme, dans une caisse étanche communiquant avec l'air

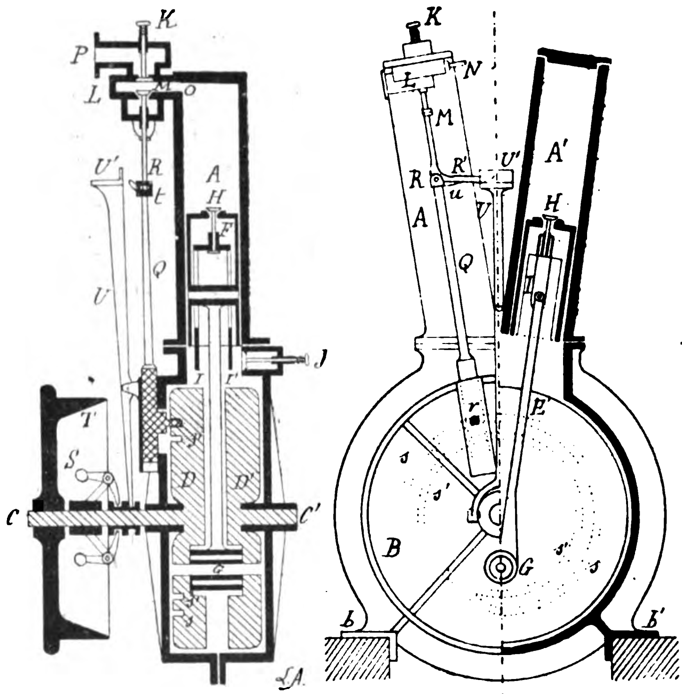


Fig. 125-126. — Moteur Daimler

extérieur par une soupape automatique s'ouvrant de dehors en dedans et ayant pour but de conserver toujours, par le jeu des pistons fonctionnant comme pompes aspirantes, une certaine quantité d'air comprimé pour l'alimentation.

Le moteur Daimler, perfectionné par Panhard-Levassor est devenu

le « Phénix » (fig. 127) qui est seul appliqué maintenant. Le « Phénix » a une marche régulière; il est alimenté d'air carburé par son passage à travers de la gazoline (essence légère de pétrole) renfermée dans un carburateur cylindrique. L'échauffement des parois est combattu par un système de circulation d'eau, laquelle refroidit en passant dans l'espace annulaire de deux tuyaux concentriques allant d'un bout à l'autre de la voiture; la chaleur que cette eau a absorbée se dissémine rapidement dans l'air froid qui frotte constamment sur les tuyaux, extérieurement et intérieurement.

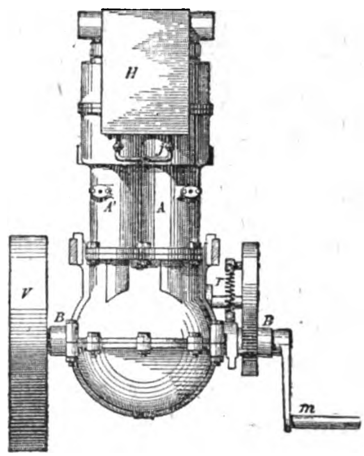


Fig. 127. — Phénix Daimlor (vue de face).

Moteur Lepape. — Le dernier type de moteur de M. Lepape est un moteur à essence de pétrole, marchant à quatre temps, avec allumage électrique, mais la circulation d'eau a été supprimée, le refroidissement s'effectuant par des ailettes spéciales. Le cylindre est entouré d'une série de chambres à circulation d'air formées par les ailettes et leur enveloppe de fonte, le tout coulé d'une seule pièce avec le cylindre, de façon à donner une masse formant volant de chaleur pour régulariser le refroidissement par conductibilité, ce que l'on ne pourrait obtenir si les ailettes ou leur enveloppe étaient rapportées.

Sur la coupe longitudinale (fig. 128) on voit le cylindre X venu de fonte avec les ailettes Y et la boite à soupapes ; en A, la soupape d'aspiration; en E, la soupape d'échappement. L'air ambiant, qui est aspiré par les orifices S disposés vers l'avant du véhicule, c'est-à-

dire dans le sens de la marche, refroidit la paroi du cylindre X et descend par le collecteur Z pour s'échapper par l'orifice O d'un tuyau placé sous la voiture et dirigé vers l'arrière. Le mouvement même du véhicule suffirait à déterminer un courant d'air à travers les nervures, mais celui-ci est constamment accru par le tirage produit par le gaz d'échappement venant de la soupape E à travers le conduit TE pour déboucher dans le tuyau O en y faisant l'office de

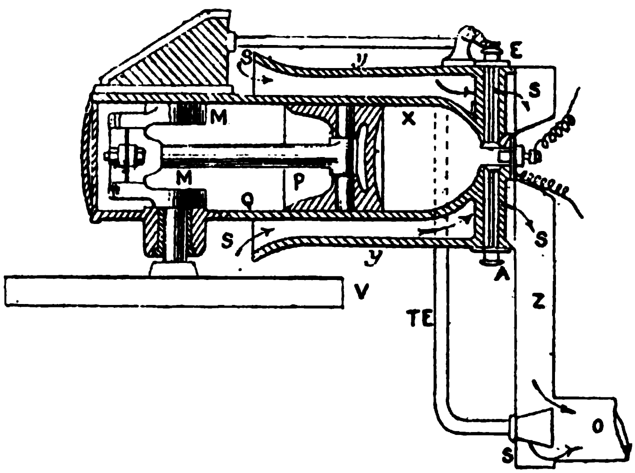


Fig. 128. — Moteur Lepape (coupe en plan).

souffleur. C'est une disposition analogue à l'échappement de la vapeur employé sur les locomotives pour activer le tirage. Le poids du moteur n'est pas sensiblement accru par ces ailettes, car on a pu supprimer, d'autre part, le poids de l'eau de refroidissement, de la canalisation et de la pompe de circulation ; l'ensemble a ainsi gagné en simplicité.

Notons que, lorsque la voiture et le moteur sont arrêtés, il se produit, mais en sens inverse, un courant d'air qui aide encore au

refroidissement, par différence de niveau entre le cylindre (chaud) et le tuyau d'échappement O.

Revenons à la figure : P est le piston moteur, commandant par la bielle C l'arbre-moteur à vilebrequin M monté dans un coussinet à bagues de bronze rapportées et sur lequel sont calés en dessous, le volant de transmission ou plateau de friction V et en dessus, la transmission secondaire commandant, par la bielle *d* la soupape d'échappement E. La soupape d'aspiration A est automatique. B est la bougie d'allumage électrique traversant le fond du cylindre, lequel est fermé hermétiquement à l'avant par un plateau H, de telle sorte que toutes les pièces en mouvement puissent tourner dans un bain d'huile assurant un graissage parfait. L'inventeur a conservé l'allumage électrique : 1° pour éviter toute cause d'incendie; 2° parce que dans un cylindre de grand volume l'allumage se fait plus sûrement par l'étincelle électrique, permettant ainsi une mise en route automatique; 3° enfin, parce qu'on peut régler la vitesse du moteur par une avance à l'allumage et forcer ainsi l'allure pour un passage difficile.

Ce moteur, d'une force de trois chevaux, ne marche qu'à faible vitesse (300 tours), dans le double but de ménager les organes et d'obtenir une grande élasticité de travail, car on se réserve ainsi la possibilité d'augmenter la vitesse jusqu'à 600 tours, ce qui double momentanément la force, sans cependant marcher à une vitesse excessive.

Tous les organes sont facilement accessibles pour une visite instantanée : les pièces en mouvement tournent dans un bain d'huile « valvoline », le graissage est parfait avec une très faible dépense (1/10 de litre pour 10 heures).

Moteur Henriod. — Ce moteur est à deux cylindres à ailettes; ces cylindres sont horizontaux, placés face à face, sur une parallèle à

l'essieu d'arrière, au-dessus duquel ils sont fixés; deux explosions simultanées agissent sur les bielles et sur les manivelles placées à 180°; il y a une double explosion par tour et 500 tours par minute.

Les cylindres sont à deux temps; les deux explosions, agissant ensemble, de forces égales et de sens opposés, tendent à équilibrer les deux pistons ainsi que les diverses pièces en mouvement; il en résulte que l'arbre est entraîné d'une façon continue sans trépidation pour la voiture. Le moteur se régularise de lui-même, par la disposition de l'admission automatique par les soupapes.

La simplicité de ce moteur est extrême, il n'a pas de soupape d'échappement, organe très délicat des moteurs usuels, le piston règle à chaque déflagration l'évacuation des gaz qui ne sont abandonnés à l'atmosphère qu'à une très basse température.

L'admission est d'une égale simplicité, elle ne comporte qu'une seule soupape verticale placée sur une boîte centrale qui permet d'envoyer par une communication le gaz aspiré dans les cylindres moteurs, il n'y a donc aucune commande par leviers, engrenages ou excentriques pouvant diminuer le rendement. Les gaz se mélangent intimement dans une chambre intermédiaire avant de parvenir sous les pistons, dispositif qui procure la plus grande commodité pour la manœuvre, en même temps qu'une absolue sécurité.

Moteur Britannia. — Ce système, d'origine anglaise, est caractérisé par la suppression de tout organe d'allumage, l'emploi qui s'y trouve réaliser de pétrole lampant au lieu d'essence et par la distribution qui est réalisée par une soupape unique. Voici d'après un article, de la *Locomotion Automobile*, comment s'opère le fonctionnement de ce moteur et sa composition :

Au cylindre (fig. 129) est accolée la chambre de combustion *d* qui est circulaire et reliée au cylindre par le canal *e* ménagé dans un couvercle commun. Une enveloppe *f* l'entoure, elle est percée de pe-

tits orifices *m* à travers lesquels passe l'air aspiré pour former le mélange explosif, cet air se réchauffe au contact des parois de la chambre *d* l'empêchant ainsi d'arriver à une température trop élevée. Au-dessous de cette chambre se trouve le distributeur *g* et le vaporisateur *n* formé par un tube évasé, pénétrant en partie dans la chambre de combustion où il constitue l'allumeur. Extérieurement, ce vaporisateur reçoit une lampe servant à l'échauffer au moment de

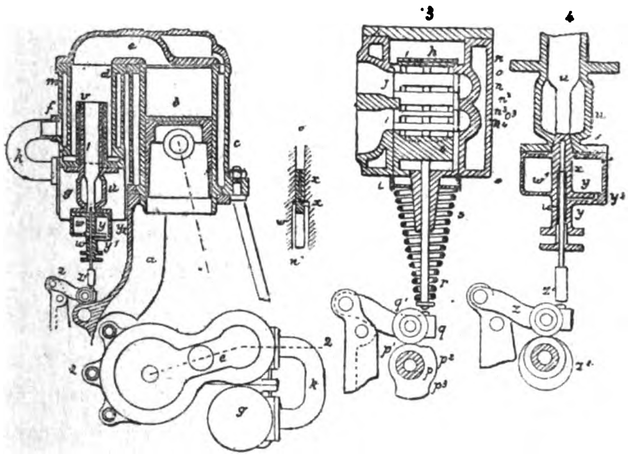


Fig. 129. — Moteur Britannia (coupes).

la mise en train; des ailettes *u* facilitent l'absorption de la chaleur, et après un temps assez court, la température du tube a atteint un degré suffisant pour que l'allumage ait lieu ensuite spontanément. Au bas de la chambre de combustion *d* est ménagée une ouverture *i*' communiquant par un conduit avec la partie supérieure *i* de la boite de distribution *g* adossée parallèlement au vaporisateur. Cette boite contient une soupape unique *h* qui, à elle seule, règle l'admission du mélange explosif au cylindre et l'échappement des résidus de la combustion. La partie tronconique par laquelle cette soupape ferme son siège, est prolongée par un distributeur cylindrique creux

consistant en une série d'anneaux reliés les uns aux autres par des nervures internes, de façon à ménager entre eux des évidements ou lumières circulaires n. Ce tiroir se meut avec sa soupape à l'intérieur d'une gaine fixée dans la boîte de distribution et portant des orifices circonférentiels répartis en quatre rangées qui communiquent deux à deux avec les canaux j^2 ; par le premier canal j s'effectue d'i en i^1 sous l'aspiration du piston moteur, et par le tuyau R qui réunit ce canal à l'enveloppe du vaporisateur, un appel d'air par les orifices m et par le second canal i, le cylindre est mis, au moment convenable, en communication avec l'atmosphère.

La soupape à tiroir b est commandée par une came p dont l'arbre fait un tour pendant que la manivelle motrice en fait deux. Cette came a une partie concentrique p^1 et deux saillies p^2 et p^3; elle agit sur la tige r à ressort de rappel s de la soupape par l'intermédiaire d'un galet q porté par le levier q^1, tourillonné librement dans un support boulonné sur la plaque d'assise.

Pendant la phase de compression et jusqu'à l'explosion, le galet roule sur la came et la soupape est soulevée ; au commencement de la période d'échappement, la petite saillie p^2 de cette dernière élève la soupape b et fait coïncider ces lumières n^3 n avec les deux rangées d'orifices du canal l par lequel les gaz brûlés s'échappent dans l'atmosphère en passant du conduit c^1 de la chambre c, au-dessous de la soupape b, puis dans le distributeur par la lumière circulaire n.

A la fin de la période d'échappement, la grande saillie p^3 de la came élève davantage la soupape b dont les anneaux o^2 o^3 forment le conduit l, tandis que les lumières n^1 n^2 viennent démasquer le conduit j ou plutôt ses deux rangées d'orifices circonférentiels qui, auparavant, étaient fermés par les anneaux o, o^1 du distributeur.

L'air est aspiré de l'atmosphère dans le cylindre par les trous m de l'enveloppe f du vaporisateur, le tuyau k de la chambre i, le conduit j de la boîte g et le conduit i débouchant autour de la gaine v,

de sorte qu'en se réchauffant il refroidit utilement la soupape *b* de la chambre de combustion *d*.

A l'achèvement de la période d'aspiration, la came *p* laisse le ressort *sf* fermer vivement la soupape ; comme le fond intérieur de cette dernière est plein, il comprime dans la chambre *t* de l'air qui ne peut s'échapper que par ce petit trou ; ce dispositif constitue un « dashpot » amortissant le choc et le bruit de la fermeture de la soupape.

Le pétrole lampant est injecté dans le vaporisateur *u* par une pompe sans clapet placée immédiatement au-dessous de ce dernier et débitant dans le sens axial.

Son plongeur w^1, à ressort de rappel, est actionné par la came z^2 tournant deux fois moins vite que le moteur et par le galet z^1 du levier articulé *z* ; dans sa partie supérieure est percé un canal central *x*, bifurqué latéralement en x^1 de façon à déboucher dans l'espace annulaire y^1 ménagé entre ce plongeur et le corps *u* qui est entouré d'un récipient *y* contenant le pétrole ; celui-ci s'écoule naturellement par le conduit y^2 dans l'espace annulaire y^1 qu'il remplit.

Lorsque le plongeur de la pompe est au bas de sa course, le pétrole passe au-dessous du plongeur w^1, mais au haut de sa course, il refoule le pétrole, à travers le canal xx^1, dans le vaporisateur *u*. Un régulateur à boules agit sur cette pompe de façon à proportionner la charge de pétrole au travail.

A la mise en marche, 6 ou 7 minutes sont nécessaires pour que le vaporisateur atteigne une température suffisante pour que la charge s'enflamme d'elle-même à la fin de la période de compression. La consommation est d'environ 1/2 litre de pétrole lampant par cheval-heure.

Moteur a grande vitesse de Ravel. — Cet appareil qui emploie les hydrocarbures, est un moteur à deux cylindres parallèles.

Chacun des cylindres fonctionne comme un moteur à quatre temps.

Les deux pistons agissent par deux bielles sur des manivelles calées sous le même angle sur l'arbre moteur, en sorte que les deux pistons montent et descendent simultanément.

Voici quel est le principe du fonctionnement :

Les deux pistons remontent ensemble, aspirent le mélange détonant; puis, en redescendant, ils refoulent le mélange aspiré par tous les deux à la partie supérieure d'un seul des cylindres, celui de

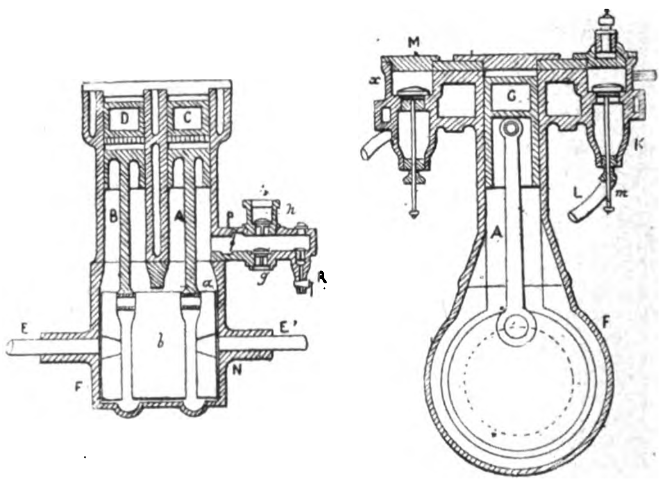


Fig. 130-131. — Moteur de Ravel

droite, par exemple. En remontant, ce piston comprime le mélange auquel le feu est mis par étincelle ou tube incandescent.

Alternativement les deux pistons reçoivent au-dessus d'eux la charge de mélange. Il y a donc une explosion pour chaque révolution du volant.

L'évolution des soupapes d'échappement se fait aussi alternativement pour permettre aux produits de la combustion de s'échapper dans l'atmosphère.

En A et B sont les cylindres du moteur; en C et D les pistons. Les

bielles de ces pistons sont attachées aux manetons des plateaux manivelles *a*, *b*, *c*. Les plateaux *a* et *c* sont solidaires de l'axe moteur E E', le plateau *b* n'est qu'un intermédiaire destiné à remplir aussi exactement que possible le vide entre *a* et *c*.

Les cylindres A et B sont montés et fixés sur un tambour F hermétiquement clos dont les faces servent de paliers à l'arbre moteur E E'.

En G (fig. 131) est la chapelle d'admission contenant une soupape d'aspiration *g* et une de refoulement *h*. En *p* est un papillon manœuvré par le régulateur à force centrifuge H (fig. 130 et 131).

Le dessous des deux pistons moteurs C et D constitue avec le tambour F et la chapelle G une pompe aspirante et foulante dont le volume utile est le double du volume engendré par la marche d'un piston.

En R est un robinet qui sert à régulariser l'arrivée des gaz aspirés.

En K et K' (fig. 132) sont les boîtes contenant les boîtes de distribution *m* et *m'*.

Le dessous de ces soupapes est en communication avec la soupape d'admission *g* au moyen des tuyaux L qui débouchent au-dessus de la soupape de refoulement *h*.

Les soupapes *n* et *n'* (fig. 133) contenues dans les boîtes M et M', servent à l'échappement des résidus de la combustion à l'air libre.

Pour assurer le jeu de toutes ces soupapes, sur la partie E' de l'arbre moteur, est fixé un pignon N qui commande un train d'engrenages lequel donne le mouvement à l'arbre O, celui-ci fait un tour pour deux de l'arbre moteur; il porte deux cames *p* et *p'* commandant les soupapes d'échappement. A son extrémité postérieure est montée une double manivelle contre-coudée transmettant le mouvement à l'arbre O' sur lequel sont fixées deux cames Q et Q' servant à la distribution.

L'allumage peut être assuré à volonté soit par tube incandescent soit par étincelle électrique. Ajoutons que le carter F, où tourne l'ar-

bre moteur, n'est pas absolument indispensable. L'avant des cylindres peut être clos, à condition que les communications soient assurées, de façon que les deux corps de pompe formés par les deux cylindres soient accouplés comme cela vient d'être dit. Non seulement

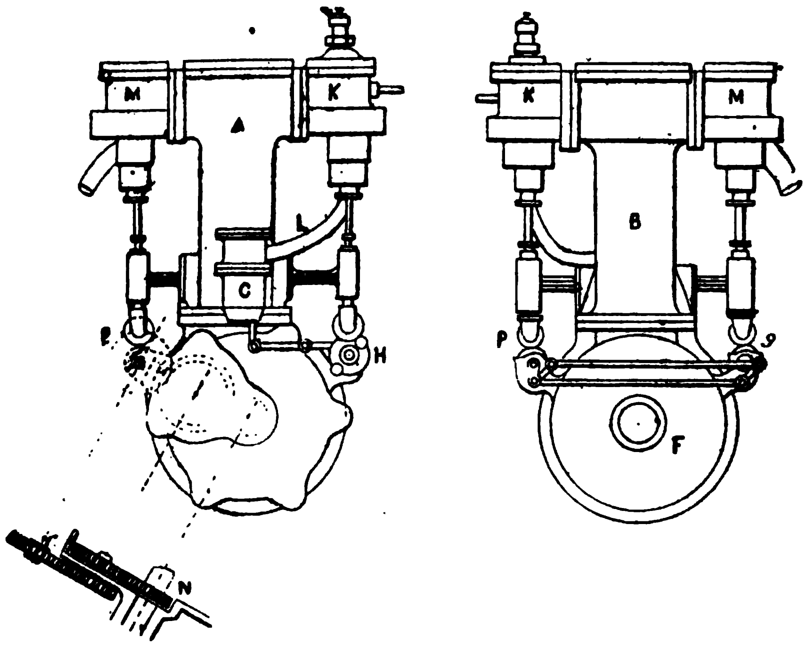


Fig 132 et 133. — Détails du mécanisme du moteur Ravel.

le vide produit par la descente du piston récepteur est supprimé, mais il existe même un excédent capable d'assurer l'évacuation complète des produits des combustions précédentes.

Moteur a pétrole a quatre cylindres, de M. Nicolas. — Ce moteur que nous avons pu apercevoir à l'Exposition de l'Automobile, se caractérise par les points suivants : 1° par la disposition de la boîte d'admission du mélange ; 2° par le mode de liaison des bielles avec l'arbre coudé ; enfin 3° par le mode d'échappement des gaz brûlés.

Le moteur Nicolas se compose, comme le montre la figure 134, de quatre cylindres disposés à angle droit l'un de l'autre, entourés d'ailettes pour le refroidissement par l'air, et boulonnés sur un bâti B. Dans chaque cylindre A est un piston C avec une bielle D, fixée sur le tourillon E de l'arbre coudé T par le dispositif représenté en détail sur la figure 135. La tête de chaque bielle est formée d'un segment L, s'appliquant sur le tourillon de l'arbre moteur, et dont la surface est circulaire et conique des deux côtés. Sur ces parties coniques viennent

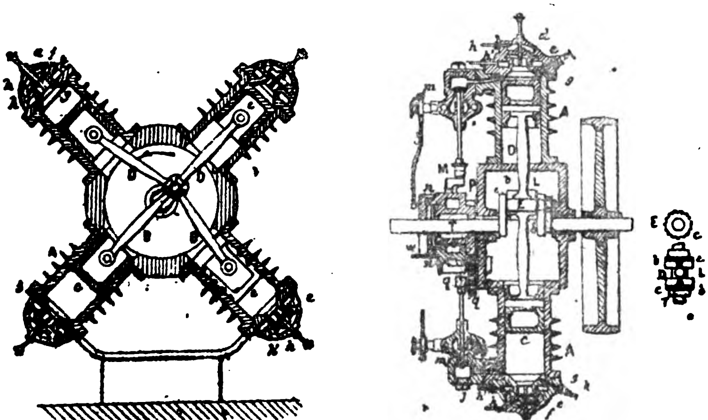


Fig 134-135. — Moteur à 4 cylindres Nicolas (coupes)

s'appliquer deux bagues *b* dont l'intérieur est également conique et qui se vissent sur deux bagues placées de chaque côté du coude. On voit que par ce moyen on réunit solidement les quatre têtes des bielles tout en permettant de les serrer sur le tourillon E lorsque l'usure vient à se produire.

Le fond de chaque cylindre est muni d'une boîte d'admission du mélange formée de deux compartiments *d* et *e* séparés entre eux par un diaphragme métallique *f*. Un seul clapet *g*, dont le fonctionnement est automatique, traverse cette boîte et permet le passage au mélange tonnant. Les deux compartiments de la boîte communiquent entre-

eux par des petits trous *h h'* séparés par le diaphragme *f*. Pendant l'aspiration, le clapet *g* s'ouvre, et le diaphragme *f* laisse passer l'air frais qui arrive par le tuyau *i* dans le compartiment à gaz *e* où il se mélange intimement avec le gaz arrivant par le tuyau *j*. Au contraire, quand l'aspiration n'a pas lieu, le gaz qui remplit le compartiment inférieur *e* fait appliquer le diaphragme *f* sur les trous d'arrivée d'air *h* et le gaz ne peut s'échapper. Chaque boîte de mélange porte un inflammateur électrique *k* ou tout autre mode d'allumage.

Chaque cylindre est en outre muni d'une boîte *l* pour l'échappement des gaz brûlés, ladite boîte se démontant facilement en cas de réparation ou de rodage du clapet *m*.

Les clapets d'admission et d'échappement sont maintenus sur leurs sièges au moyen de ressorts à boudin dont on peut régler la tension suivant le besoin.

La commande des clapets d'échappement *m* est effectuée au moyen d'une came N à quatre bossages *n* montée folle sur l'arbre moteur T. Cette came N qui ne doit faire qu'un seul tour pendant que l'arbre moteur en fait deux (puisque le moteur en question est à quatre temps), est commandée par une roue d'engrenage P calée sur l'arbre T et actionnant les roues dentées Q et Q' de diamètres différents et solidaires l'une de l'autre.

La petite roue Q' actionne directement la couronne dentée N' de la came N.

Chaque bossage *n* ne devant attaquer qu'une seule des tiges M correspondant aux clapets d'échappement *m*, il est évident que les quatre bossages *n* ne sont pas situés sur le même plan de rotation.

Le fonctionnement de ce moteur est maintenant facile à comprendre :

La rotation ayant lieu dans le sens indiqué par la flèche (fig. 134), le piston du cylindre 2 aspire le mélange d'air et de gaz; le piston du cylindre 1 est au milieu de la course de compression; le cylindre 3

laisse échapper les produits de la combustion, et le piston du cylindre 4 est à moitié course de sa période d'explosion.

Pendant ces diverses périodes, l'introduction du mélange gazeux est automatique, comme il a été expliqué plus haut; l'échappement se produit à l'aide des clapets *m* actionnés par les bossages *n* de la came N et l'inflammation (lorsqu'elle doit avoir lieu électriquement) se produit à l'aide d'un commutateur W fixé sur la came N et venant toucher successivement les tringles Z dépendant des inflammateurs *k*.

Ce système de moteur peut être également construit à six ou huit cylindres et peut être, de plus, disposé pour marcher dans les deux sens en rendant la came N mobile et en modifiant ses bossages *n* en conséquence.

Moteur Klaus, pour voiturettes. — La figure 136 montre la dispotion générale donnée à ce moteur par son inventeur :

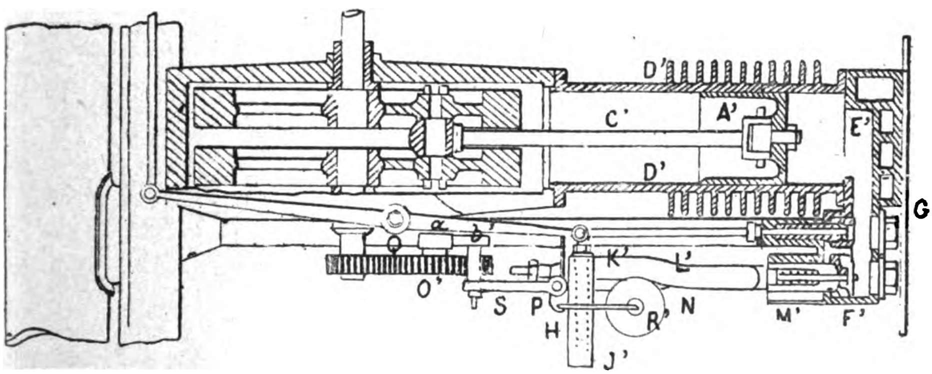


Fig. 136. — Coupe du moteur Klaus.

Le piston A' qui attaque l'arbre moteur A à l'aide d'une bielle C' se meut dans un cylindre D' à l'arrière duquel se trouve la chambre d'explosion E'. Les soupapes d'admission d'air carburé F et d'échappement des gaz brûlés G' sont placées côte à côte.

La came *a*' qui commande la soupape d'échappement des gaz est

calée sur l'arbre O' qui, à l'aide d'un jeu d'engrenages, tourne moitié moins vite que l'arbre principal. Cette came commande également le mouvement d'une petite pompe P' dont la fonction est d'injecter une quantité constante de pétrole dans un carburateur R'. A cet effet le piston de cette pompe est rappelé par un ressort et se trouve poussé à fond de course par l'une des branches d'une équerre S' articulée en un point fixe.

La seconde présente une fourche embrassant un axe porté par le galet B', qui reçoit l'action de la came et commande également la tige de la soupape d'échappement. Un levier T', articulé en U', est également relié au galet B' et forme genouillère avec le bras vertical de l'équerre S'.

Le pétrole est refoulé dans le carburateur R' à l'aide d'un petit tuyau *c'*, qui contient des toiles métalliques *d'* sur lesquelles le liquide se pulvérise.

L'air extérieur appelé par le mouvement du piston-moteur pénètre dans le carburateur par le tube J' branché sur le tube L' muni d'un tiroir tubulaire H'. Un second tuyau L', également branché sur J', amène un supplément d'air dans la chambre de mélange M' en communication avec la soupape d'admission, qui contient également une toile métallique pour parfaire le brassage du mélange détonant avant son introduction dans le cylindre.

L'air carburé sort à la base du carburateur et se rend à la chambre M' par le tuyau N'. Le tiroir tubulaire K' est commandé par le conducteur à l'aide du levier Q' et présente une ouverture que l'on peut mettre en communication avec l'un ou l'autre des tuyaux H' et L', en communication respectivement avec le carburateur et la chambre M'.

En manœuvrant convenablement ce tiroir on peut même mettre son ouverture latérale en communication avec les tubes H' et L', en sorte que l'air aspiré se divise en deux courants dont l'importance

varie avec la position du tiroir, ce qui permet de régler à volonté la richesse du mélange.

L'allumage est électrique et permet de faire varier dans de vastes limites la puissance du moteur en donnant ou non de l'avance à l'allumage.

Le refroidissement se fait par ailettes, mais, toutefois, afin de faciliter ce refroidissement, la soupape d'échappement est entourée d'une circulation d'eau qui s'obtient par simple siphonnage. L'échappement du moteur, après s'être amorti dans un silencer, est dirigé sur les ailettes du moteur de façon à créer un entraînement d'air qui facilite beaucoup le refroidissement. Enfin, la vitesse du moteur est d'environ 600 tours par minute au maximum.

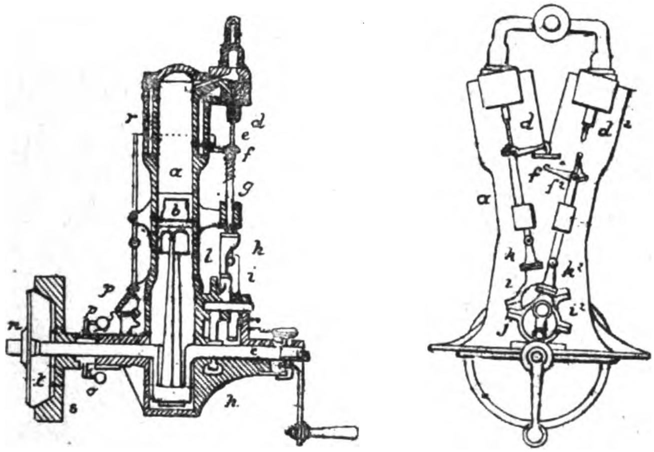


Fig. 137-138. — Moteur des voitures Le Brun.

Moteur vertical Le Brun. — Deux cylindres a_1 a_2, également inclinés sur la verticale, ont leurs pistons b_1 b_2 marchant dans le même sens et attelés sur un même vilebrequin de l'arbre moteur c (fig. 137 et 138). L'allumage peut se faire par l'étincelle électrique ou par tubes incandescents à volonté. La distribution est commandée

comme suit : Les tiges d_1 d_2 des soupapes d'admission sont soulevées alternativement par les extrémités des leviers articulés c_1 c_2, oscillant respectivement en f_1 et f_2 autour des tiges g_1 g_2 qui reçoivent un mouvement de va-et-vient des bielles motrices h_1 et h_2, attelées directement sur les excentriques i_1 i_2 calés à 180° sur un arbre intermédiaire. Cet arbre est actionné par l'arbre *c* au moyen des engrenages *k*, *l* qui sont dans le rapport 1/2, de telle sorte que l'arbre *j* ne fasse qu'un tour pour deux tours de l'arbre moteur *c*.

L'arbre *c* communique son mouvement de rotation à un régulateur *o*, de n'importe quel type, qui agit sur un levier *p*, lequel actionne, au moyen de la tige verticale *q*, une barre horizontale finissant par une partie en T. Si la vitesse de l'arbre *c* augmente, les boules du régulateur s'écartent, le levier *p* agit sur ses extrémités, les pièces *r* actionnant l'essieu-moteur par chaînes et roues dentées.

Moteur Hunter. — L'inventeur a eu pour but de combiner un moteur à pétrole qui, sous une forme très ramassée, permette une grande vitesse de marche, avec pièces équilibrées pour réduire autant que possible les vibrations (fig. 139, 140 et 141).

Sur un bâti central A hermétiquement clos, et formant chambre des manivelles, sont boulonnés les cylindres CC_1 (de 78 m/m de drain intérieur), opposés de telle sorte que les bielles soient calées sur les 2 vilebrequins opposés d'un même arbre moteur.

Il n'y a pas, à proprement parler, de chambre de combustion ménagée dans les fonds de cylindres ; ce sont les conduits d'alimentation DD_1 (de 19 m/m de diamètre), qui en tiennent lieu.

En e_1 E se trouve la chambre des soupapes : G pour l'échappement, H pour l'admission de l'hydrocarbure qui arrive du carburateur par le conduit *h*.

F est la bougie d'allumage électrique donnant des étincelles de 3 millimètres.

La soupape d'admission est automatique, comme d'habitude; l'ouverture de la soupape d'échappement se produit sous l'action du levier à toc I, mû par la came K, reliée à l'arbre moteur, mais tournant deux fois moins vite. Les ressorts de soupapes sont en melchior,

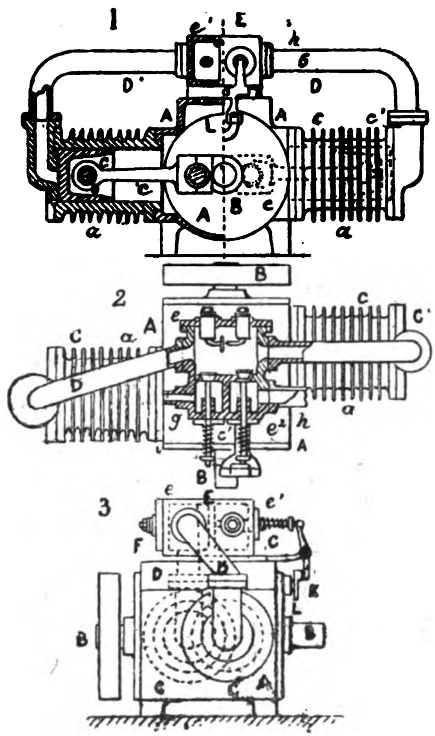


Fig. 139, 140 et 141. — **Moteur Hunter** (coupes et plan)

métal aussi bon que l'acier, mais donnant moins de ruptures, au dire de l'inventeur.

Moteur Parker. — La caractéristique de ce moteur est la compression préalable du mélange gazeux dans un petit cylindre extérieur de petit diamètre. Le piston de ce cylindre est muni d'une soupape

et il est réuni au grand piston par une tige creuse. Les soupapes d'admission et d'échappement sont commandées mécaniquement.

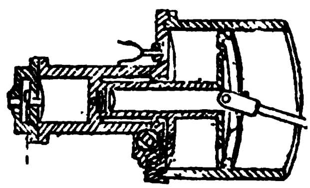


Fig. 142. Coupe du moteur Parker.

Sur notre figure 142 le piston est représenté au 1er temps (aspiration), la soupape d'aspiration est ouverte et dès le retour de cette première course, celle d'échappement s'ouvrira. Ce moteur est donc à deux temps seulement.

A la première course, le mélange gazeux est aspiré dans le petit cylindre. A la seconde course, le mélange pénètre par la soupape extérieure dans la tige creuse qui joint les deux pistons où il se trouve comprimé à quatre atmosphères environ en raison de la différence de diamètre du petit cylindre et de cette tige.

La soupape est alors dans la position indiquée sur la figure; elle permet au mélange gazeux d'entrer dans le grand cylindre où il s'enflamme par étincelle électrique. Un diaphragme placé au fond de la chambre d'explosion empêche le mélange de s'enflammer prématurément.

Pendant cette course, qui est la période motrice, une nouvelle quantité d'air carburé est admise, puis comprimée à son tour, puis allumée de même et ainsi de suite.

Moteur Lanchester. — La caractéristique de ce moteur réside surtout dans la disposition des soupapes d'admission et d'échappement, représentée par notre figure 143.

La valve principale A communiquant avec le cylindre est commandée mécaniquément par une came. Au-dessous de A la boîte K est munie de deux orifices de soupapes opposés C et D, dont le premier communique avec l'échappement F et le second avec l'arrivée du mélange gazeux G. En B se trouve une soupape à double siège fermant alternativement C ou D, soupape actionnée mécaniquement.

Au premier temps (aspiration), la soupape A reste ouverte et la soupape B vient appuyer contre C, permettant l'accès du mélange gazeux au cylindre ; à la fin de cette première période, les deux soupapes se ferment.

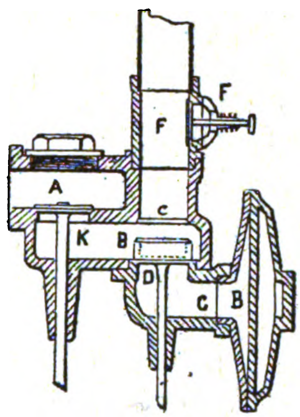


Fig. 143. — Coupe du moteur Lanchester

Le second temps (compression), commence alors, et l'allumage se produit au moment voulu, immédiatement suivi de la période motrice (3e temps). Au dernier temps les soupapes A et C sont ouvertes pour permettre l'échappement des gaz brûlés. Et ainsi de suite.

Un régulateur agit sur la soupape D pour régler la vitesse en ralentissant l'admission. H est un treillis métallique en fil de cuivre, disposé sur le passage du mélange gazeux, dans le but d'éviter tout danger d'explosion au cas où les soupapes D et A n'obéiraient pas au moment voulu, ou bien au cas où l'allumage aurait lieu trop tôt.

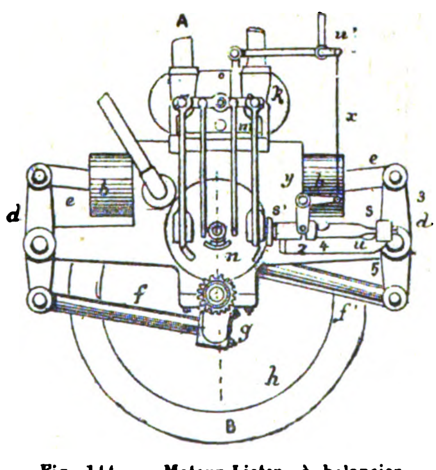


Fig. 144. — Moteur Lister, à balancier.

Moteur Lister. — Dans ce moteur, qui peut être disposé pour marcher au gaz ou au pétrole, un cylindre *b* reçoit deux pistons *c* et *c'* fonctionnant simultanément mais en sens opposé ; ils sont calés par l'intermédiaire des leviers et bielles *dd'*, *ee'* *ff'* sur l'arbre à deux manivelles *gg* sur lequel est calé le volant *h*. Les soupapes *k*,

réglant comme d'ordinaire l'admission de l'air et du pétrole, sont actionnées par le mécanisme à came *n*.

Sur les moteurs fonctionnant au gaz, l'admission peut avoir lieu simultanément ou successivement pour l'air et le gaz; sur les moteurs à pétrole, on règle la came pour que l'admission du pétrole suive un peu après celle de l'air, car à ce moment la vaporisation du pétrole est considérablement favorisée par la détente de l'air qui emplit le cylindre et le mélange des deux s'effectue d'une manière plus intime. Le cycle de ce moteur est le cycle ordinaire à quatre temps.

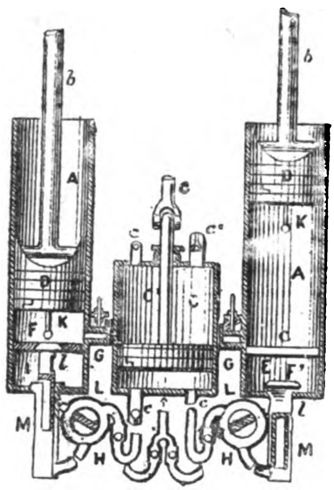


Fig. 145. — Moteur Briggs (coupe)

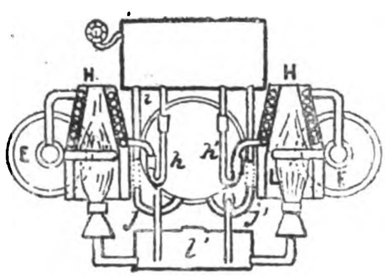


Fig. 146.

Moteur Briggs. — Ce moteur est à deux cylindres; il donne une explosion par tour, pour chacun d'eux et, grâce à un réservoir où le mélange est comprimé par une pompe supplémentaire, la charge pénètre sous pression, économisant ainsi la période dite de compression dans le cycle ordinaire.

Chacun des cylindres moteurs A et A' (fig. 145) est prolongé par une chambre E ou EE', mise en communication par un grand orifice, susceptible d'être fermé par la soupape F ou F; c'est dans ces chambres que se font l'allumage et l'explosion, les gaz brûlés s'échappant par les soupapes latérales GG'. La compression du mélange est effectuée au

préalable par une pompe à double effet C, dont chacune des extrémités dessert l'un des cylindres moteurs. Le mélange comprimé est conduit par les tuyaux *hh'* à deux vaporisateurs HH', constitués par deux parois concentriques et tronconiques entre lesquelles sont logés des serpentins.

Le pétrole emmagasiné dans le réservoir I en est aspiré par les tuyaux JJ' qui portent des tuyères débouchant dans un coude des tuyaux *hh'*; là, il se mélange à l'air qui y circule et se rend avec lui dans les serpentins des vaporisateurs, chauffés par les lampes *ii* (fig. 146) au moyen de pétrole prélevé au réservoir I'. Le mélange ainsi préparé est dirigé vers la partie inférieure de deux tubes qui prolongent les chambres d'explosion EE' (fig. 145), et servent à guider les soupapes FF' dont les tiges creuses portent des orifices qui distribuent le mélange dans les chambres EE', des clapets de retenue l'empêchant de revenir en arrière.

Considérons, pour nous rendre compte du fonctionnement, la période correspondant à la figure 1; le piston B' termine sa course motrice; la soupape d'échappement G' s'ouvre pour l'expulsion des gaz brûlés. En même temps, le mélange explosif comprimé dans la tige creuse de la soupape F' soulève cette dernière et l'applique sur son siège; un orifice percé dans cette tige se trouve ainsi démasqué et admet dans la chambre E' une nouvelle charge de mélange explosif. Le piston B' continue à descendre, la tige ou prolongement K' rencontre vers la fin de sa course la soupape F' et la repousse dans la position indiquée à droite de la figure; lorsque cette soupape est complètement descendue une échancrure *l* vient coïncider avec le tube d'allumage L' placé transversalement dans la flamme du brûleur *i'*; l'inflammation se propage par un petit canal *l'*, percé obliquement dans le fond de la chambre de combustion E'. On voit donc qu'à tout instant une des chambres E ou E' est remplie par une charge de mé-

lange explosif comprimé, prête à produire sur le piston correspondant une période motrice par allumage au point voulu.

Moteur Delahaye. — Deux cylindres horizontaux et parallèles, dont les pistons actionnent deux manivelles calées à 180° l'une de l'autre. Admission par soupape automatique, échappement commandé mécaniquement. Pas de régulateur. Carburateur à barbotage à niveau constant. Inflammation électrique. Circulation d'eau assurée par une pompe centrifuge; dans le circuit sont compris des tubes disposés à l'avant de la voiture pour avoir de première main le contact de l'air chargé de rafraîchir le liquide.

Moteur Gautier-Wehrlé. — Deux cylindres horizontaux, placés face à face des deux côtés de l'arbre moteur, lequel est dirigé suivant l'axe de la voiture. Admission automatique. Echappement mécanique. Pas de régulateur; on ne peut faire varier la vitesse qu'en agissant sur le dosage du mélange carburé. Carburateur déjà décrit (voir page 108). Inflammation électrique ou par tubes. Puissance ordinaire : 5 *chevaux* pour quatre places. Nombre de tours : 600 par minute.

Moteur M.L.B. — (Brevets Landry et Beyroux). — Ce moteur (fig. 147) est vertical et monocylindrique; la culasse du cylindre sert de boite de distribution, et elle renferme les deux soupapes d'admission et de décharge ainsi que la bougie d'allumage électrique. Un arbre vertical à demi-vitesse N, commandé par pignon d'angle, fait mouvoir l'appareil de distribution, constitué par deux petits engrenages qui entraînent les cames d'admission et d'échappement. Le levier *f* fait l'admission; J' ouvre la soupape d'admission.

Un régulateur à boules, calé sur l'arbre de distribution, règle l'admission d'air carburé.

Lors de la mise en marche, on diminue la compression, en faisant agir une seconde came d'échappement et l'on retarde en même temps l'allumage, pour éviter un départ à contre sens.

Un ressort, directement rattaché à la pédale d'embrayage, permet de supprimer au besoin l'action du régulateur sur l'admission et de donner au moteur une vitesse supérieure à celle de régime.

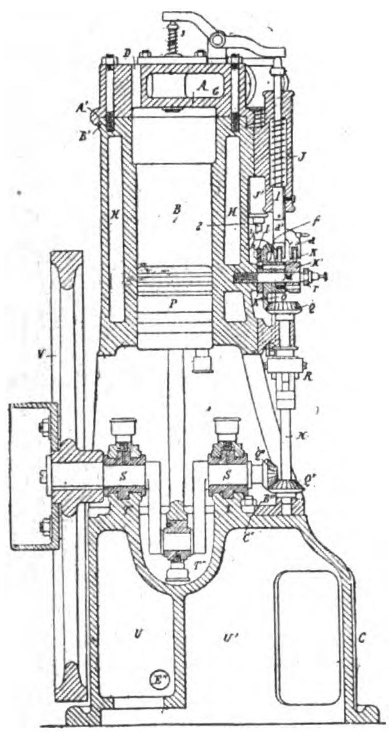


Fig. 147. — Moteur M. L. B. (coupe).

Moteur Dufour. — Un cylindre fermé aux deux bouts. Admission par soupape automatique. Echappement par tiroir circulaire qui enveloppe le cylindre percé de trous circonférenciels et que manœuvre une came. L'arbre moteur placé à l'arrière du cylindre est mû par

deux bielles latérales en retour. Régulation par appareil centrifuge empêchant, au moment voulu, la soupape d'admission de s'ouvrir. Refroidissement par injection d'eau à l'intérieur de la chambre motrice du cylindre : la pompe d'alimentation est actionnée par une came montée sur le même arbre que celle de l'échappement. Dans sa course vers l'échappement, le piston comprime dans un réservoir latéral de l'air qui se carbure avant de pénétrer, sous pression dans le cylindre.

M. Lavergne dit qu'il ne pense pas que ce moteur ait encore été

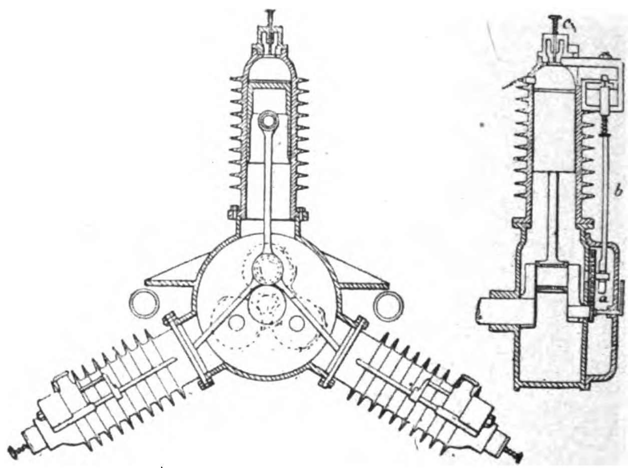


Fig. 148-149. — Moteur à six temps de Goret (coupes).

appliqué en automobilisme, pas plus d'ailleurs que le moteur Conrad, dans lequel la distribution est faite à l'aide de longues lumières pratiquées dans le piston et de deux orifices d'admission et d'échappement se faisant face à mi-hauteur du cylindre.

Moteur a six temps. — Moteur Goret. — Les 5e et 6e temps servent à effectuer, après chaque explosion, une chasse d'air pur, c'est-à-dire qu'aux quatre temps du cycle ordinaire, s'ajoutent une aspiration puis une chasse d'air, ce qui assure l'expulsion complète

des gaz brûlés et un refroidissement efficace des cylindres. Trois cylindres rayonnants, dont les pistons sont montés sur un même vilebrequin. Régulation par pointeau faisant varier l'entrée de l'essence dans le carburateur qui vaporise totalement la quantité d'essence admise. Allumage électrique par piles.

Chaque cylindre est muni d'une came *a* commandant une tige *b* qui soulève la soupape d'échappement. Comme à l'ordinaire, la soupape d'admission *c* fonctionne automatiquement.

Les soupapes d'échappement sont disposées sur le côté de chacun des cylindres. La came de distribution *a* porte une rainure d'un profil spécial dans laquelle roule un petit galet fixé au cadre qui actionne la tige de distribution *b* portant plusieurs touches latérales.

CHAPITRE VIII

LES PETITS MOTEURS A ESSENCE DE PÉTROLE POUR MOTOCYCLES

LE MOTEUR DE DION-BOUTON — LE « PAPILLON », TAUZIN,
FAGEOT, COSMOS, DAWSON, ETC.
BICYCLETTES A PÉTROLE DE WOLFMULLER, MILLET, DE COSMO,
BOUILLY, HERTSCHMANN, GOUJON, GIRARDOT, ETC.
TRICYCLES A PÉTROLE.
QUADRICYCLES DE CLÉMENT, CHENARD, GLADIATOR,
SOCIÉTÉ CONTINENTALE D'AUTOMOBILES.

Le moteur de Dion et Bouton, dont le premier spécimen parut en 1892, peut être considéré comme le père de tous les moteurs de cette catégorie. Son succès a été immense, universel, car il a rendu pratique l'association de la force musculaire du cycliste et d'une énergie motrice étrangère, et son invention a donné naissance à un sport nouveau : le *motocyclisme*, sur lequel de nouvelles industries sont venues se greffer, notamment la fabrication des *voiturettes-remorques*.

On peut affirmer qu'aujourd'hui les motocycles sont des appareils aussi parfaits que peuvent l'être des véhicules extra-légers pourvus du moteur à pétrole. Le succès qui les a accueillis démontre bien qu'ils répondent à un besoin particulier, et que le cyclisme mécanique a une place toute marquée à côté de l'automobilisme.

C'est le modèle de Dion et Bouton qui a ouvert la voie, répéterons-

nous, et c'est lui qui a montré la praticabilité de cette application; nous le décrirons donc en premier lieu, les types qui ont suivi pouvant être regardés, quelque perfectionnés qu'ils soient, comme des dérivés de ce système.

Moteur de Dion-Bouton. — Le fonctionnement s'opère suivant le cycle ordinaire à quatre temps. La vitesse de rotation peut atteindre 1500 tours par minute; c'est dire qu'avec cette rapidité et la température d'explosion, le graissage constitue un point important. Aussi l'arbre moteur et sa bielle tournent-ils dans un *carter* (fig. 150) dont la partie inférieure est remplie d'huile dans laquelle le vilebrequin et la tête de bielle viennent battre à chaque rotation. Cette huile doit changée tous les jours, ou après 40 kilomètres de marche; le graissage est complété par celui des points suivants : pistons et coussinets, il doit opéré avec de l'huile minérale spéciale pour moteurs à gaz.

Le refroidissement du cylindre est assuré par une série de nervures, venues de fonte avec le cylindre même, et dont le but et de diffuser la chaleur dans l'atmosphère grâce à la grande surface qu'elles présentent à l'air ambiant. La distribution est opérée par deux soupapes, l'une servan à l'admission, l'autre à l'échappement; elles sont commandées par deux tiges conduites par des cames montées sur un arbre intermédiaire faisant un tour pour deux de l'arbre moteur, et des ressorts à boudin les rappellent sur leur siège à chaque mouvement. Enfin, l'ensemble du moteur de Dion et Bouton présente une remarquable simplicité de construction qui lui donne une rusticité et une robustesse bien nécessaires pour faire convenablement le dur service qui est exigé de lui.

L'allumage du mélange explosif est opéré par l'étincelle électrique produite par deux accumulateurs associés en tension et actionnant une bobine Ruhmkorff. L'instant précis de l'allumage est déterminé

par le jeu d'une came montée sur l'arbre et venant en contact avec une touche de platine fermant le circuit (fig. 151). Pour que ce dis-

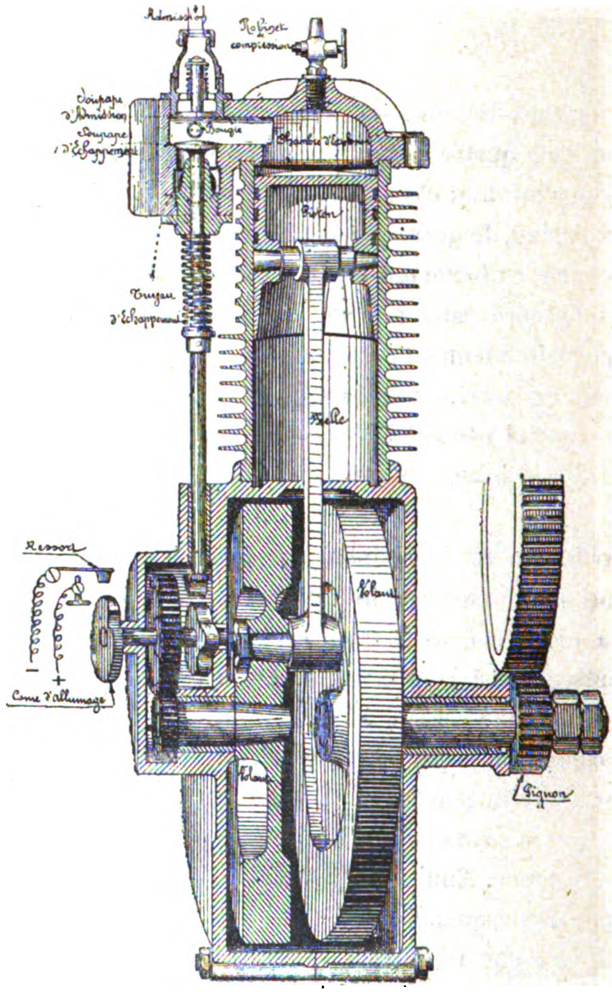


Fig. 150. — Coupe du mécanisme intérieur du moteur de Dion et Bouton.

positif soit bien réglé, il faut que la touche T étant entrée à moitié dans l'encoche de la came, la vis A soit bien en contact avec la touche

de platine B, mais sans que le ressort R soit soulevé par la vis A. L'étincelle à haute tension jaillit entre les deux pointes métalliques terminant une bougie isolante en porcelaine placée dans la chambre d'allumage, non loin de la soupape d'admission. Cette bougie (fig. 152) est vissée dans son logement et le fil F, venant de la touche interruptrice, est serré par une borne V. La longueur moyenne de l'étincelle est de un millimètre et demi.

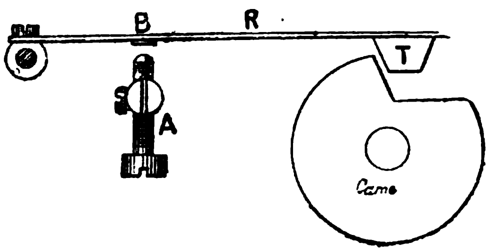


Fig. 151

Le mélange explosif est produit par l'aspiration de l'air ambiant (dans le premier temps du cycle) à travers de la gazoline remplissant un carburateur d'une disposition particulière qui a été décrit page 70 et sur lequel nous ne reviendrons pas.

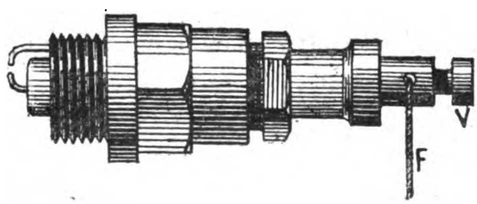


Fig. 152. — Bougie d'allumage

Tel est ce remarquable moteur de Dion qui a permis de créer le motocycle rapide et économique et réalisé la conquête de nos belles routes françaises. De nombreuses maisons de construction de vélocipèdes l'emploient pour le placer sur des tricycles de leur

fabrication. Ainsi font les maisons Comiot, Marot et Gardon (tricycles Créanche), Barré, de Niort et bien d'autres encore. On peut dire que ce fait démontre les avantages reconnus au système de Dion, dont les ateliers ne peuvent suffire aux demandes qui arrivent de tous les points du globe, juste récompense des efforts de ses créateurs.

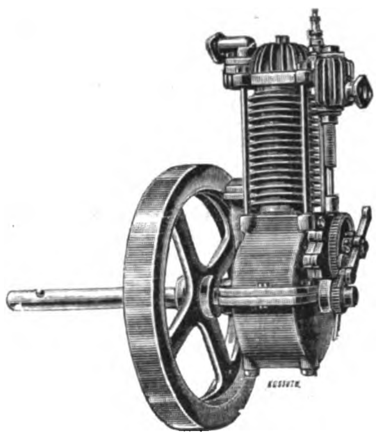


Fig. 153. — Moteur Fageot.

MOTEURS FAGEOT. — M. Fageot est un habile mécanicien qui a établi différents modèles de moteurs genre de Dion, à un ou deux cylindres, avec refroidissement par ailettes venues de fonte, et à allumage électrique.

L'agencement des divers organes de ces moteurs est parfait; le groupement mécanique est bien conçu, aussi ces moteurs fournissent-ils une marche régulière sans échauffement exagéré (fig. 153).

MOTEUR « COSMOS » DE GONDIN, BONNEFOI ET DUPLESSY. — Ce moteur se compose (fig. 154 et 155) d'un cylindre E dans lequel se meut un piston P relié par une bielle D à un tourillon M fixé sur un plateau-manivelle L, calé sur l'arbre K. La partie supérieure du cylindre est fermée par une culasse B, portant deux soupapes A et A', l'une à levée automatique, pour l'admission du mélange gazeux, l'autre à levée mécanique pour l'expulsion des résidus. Le cylindre E, absolument distinct et isolé des autres pièces (culasse B et bâti H avec lesquels il est raccordé), est entaillé de rainures longitudinales F recouvertes d'une enveloppe absorbante G, en cuivre poli, ouverte à chacune de ses extrémités.

L'allumage est opéré électriquement. Le circuit est ouvert ou fermé par une came prenant contact au moment voulu avec une lame mobile que l'on actionne automatiquement suivant les besoins. On augmente ou diminue ainsi l'avance à l'allumage, et on provoque l'explosion du mélange et l'action motrice au point même de la course du piston qui correspond à leur meilleure utilisation.

Le plateau-manivelle ainsi que les engrenages réunissant l'arbre

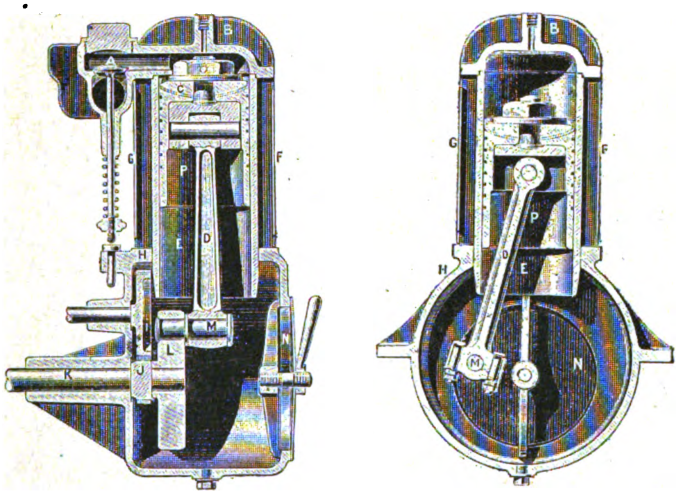


Fig. 154-155. — Coupes du moteur Cosmos (face et profil).

moteur à celui de la came d'échappement, tournent dans une boîte qui contient assez d'huile pour que la tête de bielle vienne y baigner à chaque révolution et assure ainsi automatiquement la lubrification de tout le mécanisme intérieur. Une porte latérale permet, sans aucun démontage, de vérifier tout ce qui passe à l'intérieur et s'assurer de l'intégrité et de la conservation de tous les organes.

Il existe deux grandeurs de ce système de moteur l'un donnant 100 kilogrammètres et l'autre 125. Leur hauteur est respectivement de 375 et de 420 millimètres et leur poids de 24 et 28 kilogrammes.

Ils tournent à la vitesse normale de 1200 tours par minute et peuvent fonctionner placés dans toutes les positions. Ils emploient l'air carburé ordinaire.

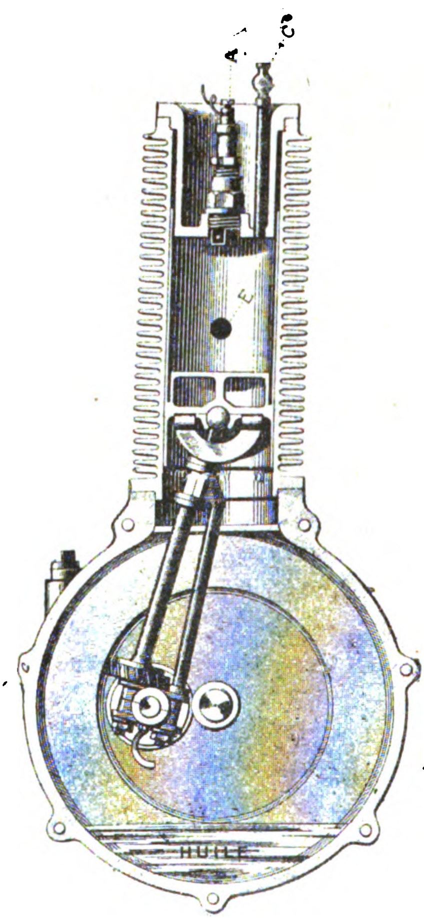


Fig. 156. — Coupe du moteur Dawson.

Moteur Dawson. — Cet appareil présente une disposition assez bizarre. Le piston (fig. 156) assure lui-même l'exécution des diverses périodes du cycle à quatre temps grâce à un mouvement continu de rotation sur son axe, dont il est animé durant toute sa course. Le piston est constitué par un fourreau cylindrique fermé à sa partie inférieure, et sur lequel s'articulent deux bielles. La première attaque directement le bouton du plateau-manivelle, et la seconde communique un mouvement de rotation au piston à l'aide d'un engrenage hélicoïdal commandé par une roue dentée faisant corps avec la manivelle. Un joint universel réunit cette bielle au piston. Celui-ci est percé de deux lumières situées sur un même diamètre, et le cylindre lui-même est pourvu de lumières semblables, destinées à l'admission et à l'échappement des gaz. Le mouvement de rotation et de translation est combiné de manière à permettre l'admission pendant une partie de la course

directe du piston. Pendant la course rétrograde, les lumières d'admission se trouvent obturées jusqu'à la fin de la compression; alors à ce moment un de ces orifices arrive en regard d'une éprouvette portée à l'incandescence et l'explosion se produit. Lorsque le piston redescend ensuite, l'orifice du piston arrive en face de la lumière d'échappement.

Tel est le principe du moteur Dawson, imaginé dans le but de supprimer les valves, ressorts, culbuteurs, etc., susceptibles de se déranger, mais les remplace simplement par un dispositif encore plus sujet à caution. En effet, pour que l'admission ou l'échappement puisse s'opérer pendant une fraction assez notable d'une course du piston, il est nécessaire que les orifices percés dans le cylindre soient relativement longs et de forme hélicoïdale, de façon à pouvoir coïncider pendant un certain temps avec la lumière du piston. Ce dernier jouera, en réalité, le rôle d'un tiroir circulaire, et il paraît assez difficile d'éviter les fuites entre le cylindre et le conduit d'échappement, à cause de la longueur considérable qu'il doit avoir, vu que tout rappel de l'usure est impossible. La grande surface du piston entraîne également un frottement considérable qui doit influer sur le rendement.

L'allumage s'opère électriquement, et le refroidissement se fait soit par ailettes de diffusion pour les petits modèles, soit par circulation d'eau dans les types au-dessus de 3 chevaux.

Moteur « le Papillon », de Tauzin. — C'est encore un moteur vertical, à grande vitesse de rotation, à refroidissement par ailettes et allumage électrique, dérivant du système de Dion quoique présentant des améliorations de détail qui diminuent les chances de ratés par encrassement de la bougie ou autres causes. Ce moteur, qui est appliqué à plusieurs marques de motocycles, paraît d'une construction peu soignée, et incapable de donner des résultats satisfaisants.

Moteur Loyal. — Ce système est caractérisé par son rendement élevé, son absence de tout dispositif de refroidissement de la paroi du cylindre, de tout mécanisme de distribution et de tout allumeur, enfin par son fonctionnement suivant le cycle à deux temps.

Le cylindre oscille autour de deux tourillons, dont l'un sert à admettre les gaz sur la soupape d'admission. Les soupapes d'échappement sont au nombre de quatre et disposées sur la périphérie du cylindre. A 300 tours, le travail effectué atteint 100 kilogrammètres. Un volant assure la régularité du mouvement de rotation, et l'arrivée des gaz est réglée par un robinet relié avec le carburateur que nous avons décrit page 110. Nous ne reviendrons pas sur la description de cet appareil, pas plus que sur le système d'allumage employé et qui a été décrit en détail.

Remarquons seulement qu'avec ce dispositif on est parvenu à réaliser un cycle à deux temps ce qui paraît difficile avec un seul cylindre. C'est que le moteur Loyal applique l'idée suivante, dont l'expérience a démontré l'exactitude et qui dit « que les gaz brûlés ne se mélangent que très difficilement avec les gaz neufs. »

Certes, ce principe on le connaissait, puisque l'inflammation par tube chauffé au rouge est précisément basée sur ce que les gaz brûlés sont refoulés dans ce tube et ne permettent le contact des gaz neufs avec les parois incandescentes du tube que lorsque la compression a atteint une certaine valeur. Mais on n'avait pas songé à appliquer cette propriété pour obtenir le moteur à 2 temps avec un seul cylindre.

Ceci posé, voici comment les choses se passent :

Supposons que le moteur soit à la période d'explosion et que le piston soit projeté en avant : Les gaz se détendent pendant la première partie de la course jusqu'à ce que le piston soit arrivé en un point tel que la pression des gaz tombe à une valeur inférieure à celle de l'atmosphère. A partir de ce moment, des gaz frais sont aspirés à

travers la soupape jusqu'à ce que le piston soit arrivé à la fin de sa course. Pendant la course rétrograde, il se produit une compression qui fait soulever les soupapes d'échappement et laisse échapper *une petite quantité de gaz brûlés.* Lorsque le piston aura dépassé les soupapes, la compression continuera à se faire; mais les gaz qui restent dans le cylindre ne peuvent plus s'échapper et, à la fin de la course, la compression sera suffisante pour déterminer l'explosion des gaz neufs qui se trouvent dans la partie supérieure du cylindre. Le cycle que nous venons de décrire recommence et suit les mêmes phases qu eprécédemment.

Nous avons dit que tous les gaz brûlés ne sont pas expulsés; c'est peut-être là une des causes qui empêchent l'échauffement du moteur, bien qu'aucune précaution ne soit prise pour le refroidissement.

L'expérience a démontré que le dispositif Loyal permet de réaliser une notable économie, toute la chaleur disponible étant employée à produire du travail au lieu de servir à réchauffer l'eau de circulation comme dans les autres moteurs. Cette économie atteindrait, d'après l'inventeur, près de 30 %, de sorte qu'au lieu de dépenser un demi-litre d'essence par cheval-heure, on ne dépasse pas un quart de litre. Ces affirmations, ajoute M. D. Farman, sont d'accord avec la théorie, car on peut compter que, dans la plupart des moteurs à pétrole, 50 % de la chaleur totale disponible sont emportés dans l'eau de réfrigération.

Moteur vertical, a culasse sans joint, de E. Lebesgue (E. Plicque, concessionnaire). — Ce moteur très léger et robuste, fonctionne indifféremment au pétrole ou au gaz. Sa marche est régulière et silencieuse. Son allumage électrique spécial permet les changements de vitesse les plus étendus. Le cylindre et la culasse sont d'une seule pièce, supprimant ainsi les joints. La grande simplicité de ses orga-

nes, renfermés dans un carter, en font un moteur de motocycle très suffisant (fig. 157).

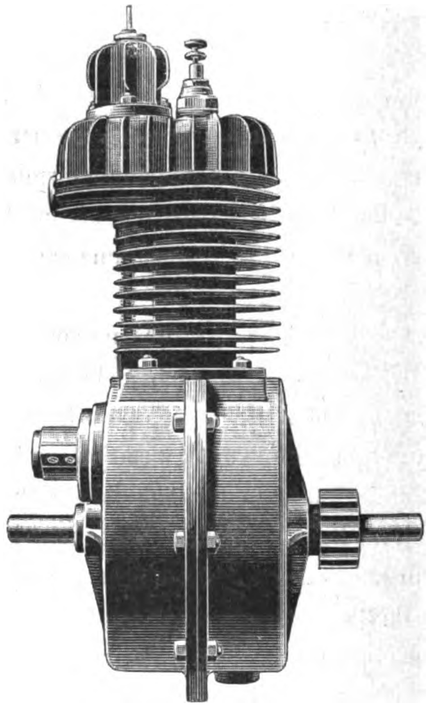


Fig. 157. — Moteur vertical Lebesgue.

MOTEURS DE LA SOCIÉTÉ « L'ASTER » DE SAINT-DENIS. — Ces machines, qui rappellent l'aspect extérieur du type de Dion et Bouton, sont caractérisées par une chemise ou enveloppe extérieure du ou des cylindres, formée de deux parties emmanchées à froid et à la presse sur le cylindre en fonte. Grâce à ces ailettes en cuivre on obtient un refroidissement assuré du cylindre et par suite un graissage parfait, l'huile ne se trouvant pas décomposée par la haute température du cylindre (fig. 158 et 159).

Pour le même encombrement d'ailettes on a une substance, le cui-

vre, qui est trois fois plus conductrice de la chaleur que la fonte, et par le plissage on double encore la surface de refroidissement ; on a donc 6 fois plus de refroidissement qu'avec les mêmes ailettes en fonte.

Le moteur à un cylindre est de la force de 2 chevaux 1/4, et celui à deux cylindres est de la force de 4 chevaux. Le carburateur est à

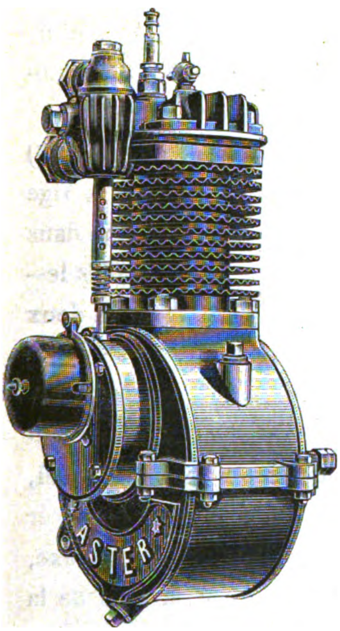


Fig. 158. — Moteur « Aster » à 1 cylindre.

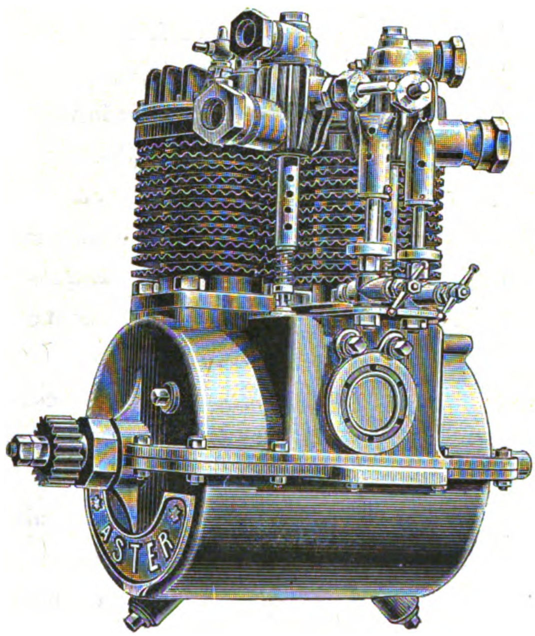


Fig. 159. — Moteur à 2 cylindres.

flotteur et à réglage automatique, il se compose d'un récipient rond servant en même temps de réservoir d'essence. Sur le niveau du liquide repose un flotteur crénelé supportant une plaque de laiton au centre de laquelle vient se fixer le tube d'aspiration d'air qui traverse le dôme du carburateur.

Grâce à cette disposition, le flotteur reposant sur l'essence empêche les agitations du liquide dans les mauvais passages et sur les pavés et

par suite supprime les ratés de carburation; de plus, l'air, arrivant au centre d'un flotteur rond, se distribue suivant les rayons de ce flotteur, c'est-à-dire suivant les chemins d'égales résistance pour l'air carburé, toute la surface du liquide est donc utilisée pour l'évaporation.

Moteur « le Sphinx » de MM. Damas et Cie, constructeurs. — Le moteur « Le Sphinx » qu'a fait breveter M. Damas, est de la famille des moteurs à ailettes extra-légers, tels qu'en comportent les motocycles et légères voiturettes dont la vogue s'affirme chaque jour.

Dans un cylindre à nervures (fig. 160) se meut le piston évidé dont la tige oscillante attaque le maneton, fixé dans les flasques des plateaux-manivelles lesquels sont calés sur l'axe moteur en deux parties.

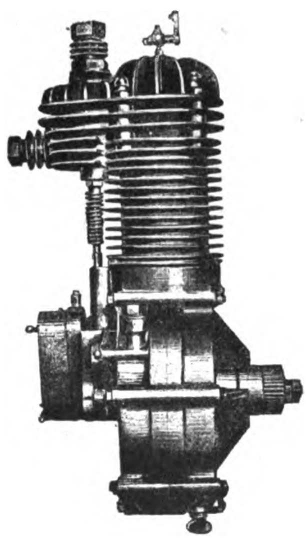


Fig. 160. — Moteur Sphinx.

L'axe commande par engrenages réducteurs l'axe voisin dont le prolongement porte la came ou bossage lequel, agissant sur la roulette, vient soulever la biellette qui, oscillant autour de l'axe, agit en même temps sur la tige de la soupape d'échappement; ce dispositif a pour but d'agir toujours normalement sur la soupape, grâce à l'intermédiaire de la biellette.

Cette soupape découvre l'orifice qui conduit au tuyau d'échappement; quant à la soupape d'admission, elle est automatique, le tuyau d'amenée des gaz explosifs est barré de plusieurs toiles métalliques qui sont destinées à éviter, au moment de l'explosion tout retour de flamme vers le carburateur.

Le cylindre a 70 millimètres d'alésage; le piston a également 70 millimètres de course; le cycle est à quatre temps comme d'ordinaire.

L'allumage est électrique, mais s'obtient par une étincelle de rupture.

L'axe porte un bossage qui force le marteau à se soulever et par suite maintient le contact à la seconde borne; mais lorsque le marteau échappe le bossage, en retombant brusquement dans l'encoche, l'étincelle de rupture se produit sans possibilité de rater.

Le moteur peut donner jusqu'à 2 chevaux à 1.800 tours, mais tourne en marche normale à 1.200 tours.

Ajoutons que la boîte à soupapes ou culasse est également munie d'ailettes de refroidissement et que le robinet superieur permet d'éviter toute compression pendant la marche à vide.

Les flasques tournent dans un carter en bronze phosphoreux Q, plein d'huile pour le graissage automatique de toutes les pièces en mouvement.

Le carburateur est du type courant à barbotage et niveau constant.

Ce moteur est extrêmement léger relativement à la puissance développée. Il ne pèse que 27 kilogrammes, ce qui le rend applicable aux motocycles et voitures légères. Dans ce cas, M. Damas dispose un double moteur à deux cylindres du même type, côte à côte et inclinés à 15 degrés environ. Les tiges des pistons s'articulent alors sur le même coude du vilebrequin. On peut faire travailler ces moteurs ensemble ou séparément à volonté, suivant la puissance à développer. Un seul cylindre suffit dans la plupart des circonstances et le second n'est utilisé qu'au cas d'un coup de collier à donner; la puissance se trouve ainsi doublée instantanément et juste au moment voulu. Le *Sphinx* présente donc de très réelles qualités et on peut lui prédire un succès bien mérité, d'ailleurs.

Moteur de la voiturette Bollée. — Dans ce système, appliqué aux

voiturettes-tandems universellement connues aujourd'hui, le cylindre est horizontal et muni d'ailettes; la soupape d'admission *a* (fig. 160), communiquant par le tuyau *l* avec le carburateur, est automatique; la soupape d'échappement *b* est commandée par une tige *c*, laquelle est actionnée par un levier coudé *dd'*, relié au levier *f* par la biellette *e*.

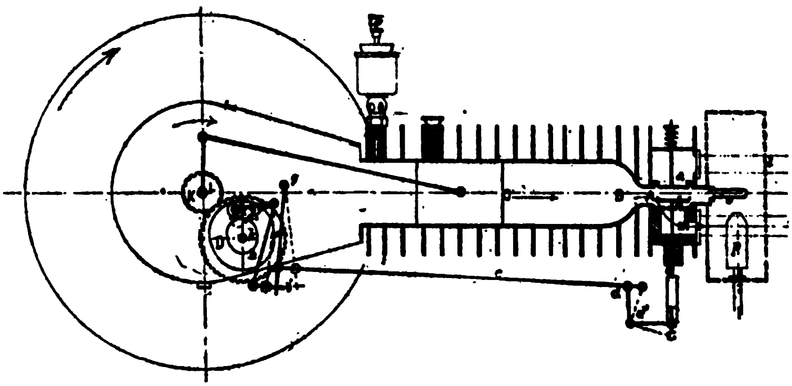


Fig. 161. — Moteur de la voiturette Bollée.

Le levier *f*, en marche normale, est animé d'un mouvement d'oscillation autour du point *g* qui lui est communiqué par un autre levier double *hh'*, par l'intermédiaire d'une équerre *i* ; l'extrémité *h'* du levier coudé portant un galet engagé dans la rainure d'une came D. Cette came est animée d'un mouvement de rotation au moyen des roues dentées H et K, montées la première sur l'arbre porte came *k*, la seconde sur l'arbre moteur L, et dont le rapport des diamètres permet de donner à l'arbre *k* une vitesse angulaire égale à la moitié de celle de l'arbre L.

La régulation est opérée de la façon suivante : sous l'action d'un régulateur à boules, monté dans le volant, et dont les boules s'écartent d'autant plus que la vitesse est plus grande, le levier *f* se déplace latéralement, de manière à décrocher l'équerre *i* qui lui donne son mouvement d'oscillation. Ce décrochage effectué, le levier *f* cesse d'actionner la soupape d'échappement *b*, le cylindre reste plein de

gaz brûlés et aucune charge de mélange détonant ne peut être admise jusqu'à ce que, la vitesse normale étant reprise, l'accrochage de *f* avec *i* se produise à nouveau. Le tube d'allumage *o* est placé au fond du cylindre C; il est chauffé au moyen du brûleur *p* que nous avons décrit page 133. L'échappement des gaz brûlés s'effectue par le tuyau *m* qui aboutit à un vase d'expansion dont la fonction est d'atténuer le bruit produit par l'échappement.

Bicyclettes a pétrole. — Les moteurs que nous venons de décrire ont été appliqués à des tricycles; voici maintenant la description de modèles, plus légers encore, qui ont été posés sur des véhicules à deux roues dans le même plan.

La première bicyclette à pétrole que l'on a vu circuler était construite par MM. Wolfmuller et Hildebrand, de Munich; mais il paraît que plusieurs années auparavant, M. Daimler, le créateur du moteur à pétrole bien connu, avait déjà essayé un véhicule analogue qui n'avait donné que des résultats peu encourageants.

La bicyclette Wolfmuller, qui fut importée en France par M. Suberbie et prit part à la course d'automobiles Paris-Bordeaux et retour en 1895, présentait l'aspect d'une bicyclette de dames, à corps cintré. La roue d'avant est directrice et celle d'arrière motrice; elle est formée d'un disque plein et entourée d'un pneumatique. Huit tubes en acier, quatre horizontaux et quatre obliques, reliés à leur point de rencontre à trois autres petits tubes. Cette disposition permet à un homme aussi bien qu'à une dame de monter la machine.

Dans la partie horizontale du cadre se trouvent intercalés les cylindres. La lampe, de dimensions réduites, est en correspondance immédiate avec le caisson à soupapes et disposée de façon à ne laisser échapper ni introduire le moindre courant d'air; elle est à l'abri de la plus forte tempête.

L'alimentation de cette lampe s'obtient directement au moyen d'un

récipient à benzine dissimulé dans la partie montante de la cage et fournit le mélange de gaz et d'air nécessaire au fonctionnement du véhicule. A la partie supérieure se trouve une valve réglant la vitesse de la voiture, grâce à un petit appareil placé à portée de la main droite et facilement dirigeable par un simple mouvement du pouce. A proximité de cet appareil et toujours au guidon, près de la main droite, il y a un loquet sur lequel il suffit d'exercer une pression pour fermer la valve et arrêter le mouvement du moteur. Une nouvelle pression de côté remet les choses dans le même état que précédemment.

Les tubes de l'arrière, placés contre le siège, servent de réservoir d'huile pour le graissage des cylindres. Pour régulariser la dépense de force et triompher plus facilement du point mort, une impulsion en arrière se trouve nécessaire; on la règle à volonté dans les fortes montées. Entre la roue d'avant et les cylindres, se trouve l'évaporateur, soudé à ces cylindres. Le réservoir d'eau est en correspondance directe avec eux et assure leur réfrigération.

Bicyclette a pétrole, système J. de Cosmo. — Cette bicyclette est tout ce qu'il y a de plus simple comme moteur, et cependant elle réunit tous les organes essentiels de tout véhicule automobile; « c'est un bijou de mécanique. »

Le poids total de la bicyclette est de 21 kilogrammes, son moteur ne pèse pas plus de 2 kilogr. 500 et cependant, des essais ont donné dit-on 45 kilogrammètres au frein. La traction se fait directement au milieu du pédalier qui n'a guère que 12 centimètres de largeur et est muni d'un déclanchement permettant aux jambes de ne pas suivre le mouvement du moteur.

Une mignonne pompe centrifuge, sous le pédalier, actionne une circulation d'eau, dont les serpentins ingénieusement placés forment garde-crotte sur la roue arrière; un accumulateur ordinaire, devant le guidon, fournit l'électricité pour l'allumage qui se fait au moyen

de la poignée de gauche, et un appareil situé sur la tige horizontale du cadre permet de changer de vitesse en avançant l'allumage.

Le réservoir à pétrole est fixé dans le cadre, tout à fait à l'avant, et communique directement avec un carburateur réduit au minimum de grandeur, ce qui ne l'empêche pas de donner des résultats excellents. Un frein à friction sur le moyeu de la roue motrice arrête la machine presque instantanément. Le mécanisme complet est monté sur billes, ce qui donne à cette bicyclette une douceur extraordinaire.

Une idée ingénieuse et qui mérite une mention particulière est la suivante : une vis de réglage, placée au-dessous de la soupape d'échappement, permet de supprimer instantanément la compression en cas d'avarie au moteur, et de n'avoir plus ainsi à mouvoir qu'une bicyclette ordinaire.

Le graissage du mécanisme s'opère automatiquement, et les engrenages barbotent dans de la graisse consistante à l'intérieur du pédalier.

En résumé ce modèle présente des qualités réelles et il est très bien combiné, mais ses organes paraissent un peu faibles pour un usage pénible et il serait à craindre une usure exagérée en cas de parcours à grande vitesse sur des routes en mauvais état, bien que les roues soient pourvues de pneumatiques. Il faut croire, d'ailleurs, que ce « bijou de mécanique » — suivant l'expression, relevée plus haut, de la *Locomotion Automobile*, — n'était pas au point, car on n'en a pu apercevoir jusqu'à présent aucun autre modèle que celui ayant servi aux essais de l'inventeur.

Bicyclette Bouilly. — De même que la précédente, cette machine possède un mécanisme moteur très réduit, mais qui paraît cependant assez robuste pour pouvoir supporter un instant les à-coups d'une marche relativement rapide sur des chemins médiocres. Elle est munie de pédales et son aspect diffère peu de la bicyclette ordinaire ; les

tubes en sont seulement très renforcés, principalement à la fourche d'avant. Le moteur et ses accessoires sont placés dans le cadre. Les pédales sont à déclanchement, comme dans le tricycle de Dion-Bouton, et elles restent immobiles pendant le fonctionnement du moteur; elles se débrayent d'ailleurs automatiquement dès que leur vitesse de rotation est inférieure à celle du moteur.

Le moteur, qui développe 80 kilogrammètres au frein, à la vitesse de 1500 tours par minute, commande la roue d'arrière par une transmission à courroie; cette dernière se tend à volonté au moyen d'un levier à crémaillère placé à portée de la main, et cette tension variable, combinée avec l'avance à l'allumage, permet d'obtenir toutes les vitesses entre 6 et 45 kilomètres à l'heure. Deux freins très puissants, disposés chacun sur l'une des roues, assurent d'autre part, un arrêt rapide.

Le moteur glisse sur deux tubes en **D** allant du pédalier à la douille de direction. Il s'embraye ou se débraye à volonté par l'action du levier de frein et d'une pièce en **U** fixée au moteur sur laquelle le talon du frein fait tirage quand on exerce une pression sur le levier.

Le levier de frein est muni d'un bouton à ressort formant crochet; on peut ainsi, quand il en est besoin, empêcher le moteur de descendre, ce qui permet, en cas d'avarie, de continuer sa route comme sur une bicyclette ordinaire. On peut aussi faire usage de ce crochet quand on veut marcher lentement, par exemple à la traversée des villes.

La mise en route se fait au moyen d'une petite manivelle que l'on retire dès que le moteur est en marche; on part ensuite avec les pédales et on embraye le moteur en déclanchant le bouton du levier de frein.

Le développement est celui d'une bicyclette ordinaire, on peut, en agissant sur les pédales, augmenter la vitesse ou mettre les pieds sur les repose-pieds.

Une seule manette, placée sur le tube horizontal du cadre, entre la selle et le guidon, règle l'admission de l'air par le robinet qui surmonte le réservoir.

Un flotteur, construit de façon très simple, baisse en même temps, que l'essence et assure une carburation régulière. A une des extrémités du robinet de dosage est fixé un tube métallique flexible qui va directement à la soupape d'admission.

Le soupape d'échappement est commandée par le dispositif suivant, lequel règle en même temps le point d'allumage, ce qui permet de donner au moteur des vitesses variant entre 500 et 1500 tours.

Un bouton moleté placé près du guidon permet de changer la vitesse en réglant la disposition du ressort R par rapport aux entailles E et E' (fig. 162).

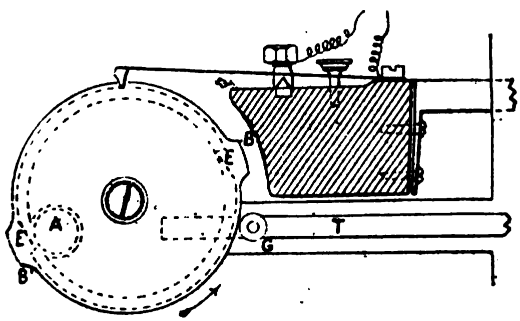


Fig. 162. — Réglage de la bicyclette Bouilly.

Un commutateur, placé à la poignée gauche du guidon, établit ou ferme le courant électrique pour la marche ou l'arrêt de l'allumage.

Voici le détail du dispositif qui permet de varier la vitesse.

En A se trouve l'arbre moteur portant un pignon qui entraîne la couronne dentée C d'un diamètre quadruple.

Cette couronne dentée forme boîte et met les engrenages à l'abri de la poussière. Extérieurement elle porte deux cames BB' correspondant à deux encoches EE'. A chacun de leurs passages les cames

soulèvent la soupape d'échappement par l'intermédiaire du galet G et la tringle T.

A chacun des passages des encoches EE' le ressort R s'abaisse et vibre sur le pointeau O et, au même instant a lieu l'étincelle dans la chambre d'explosion.

La partie isolante I porte le ressort R, sa borne et sa vis de réglage. En déplaçant cette partie isolante on fait varier le moment où l'étincelle se produit par rapport au moment de l'échappement.

Nous avons eu l'occasion d'essayer un des derniers types de bicyclettes à pétrole de M. Bouilly, et la sincérité nous oblige à reconnaître que ce mécanicien a tiré un très mauvais parti de cette application, pourtant si simple du moteur de Dion. Une grande partie de la force est perdue par la transmission qui est des plus défectueuses, et la stabilité n'est rien moins qu'assurée. C'est tout ce qu'il y a de plus inférieur comme montage et disposition.

Bicyclette transformable de la Société Continentale d'Automobiles. — Cette bicyclette-tricycle automobile présente la particularité d'avoir conservé en tous points les dispositions, la forme et les proportions que les perfectionnements indiqués par la pratique et l'usage ont donnés jusqu'à ce jour à la bicyclette ordinaire.

Les dimensions du cadre ont été respectées, la hauteur de selle au-dessus du sol, sa distance au guidon et aux pédaliers sont celles admises pour toute bicyclette, ce qui donne une grande élégance à ce motocycle, en simplifiant l'apprentissage de la conduite et les accidents des débuts.

Comme l'indique la figure 163, les trois grands côtés du cadre ont été conservés ; deux d'entre eux *f* et *f* servent de réservoirs à pétrole et le troisième, celui allant de la fourche au pédalier, reçoit, à l'aide de deux brides, le moteur proprement dit.

Cette position du moteur présente entre autres avantages, de le

mettre à l'abri des chocs, de supprimer toute trépidation verticale, de descendre le centre de gravité, d'où augmentation de stabilité.

La légende jointe à la figure 163 donne la nomenclature des différents organes du motocycle.

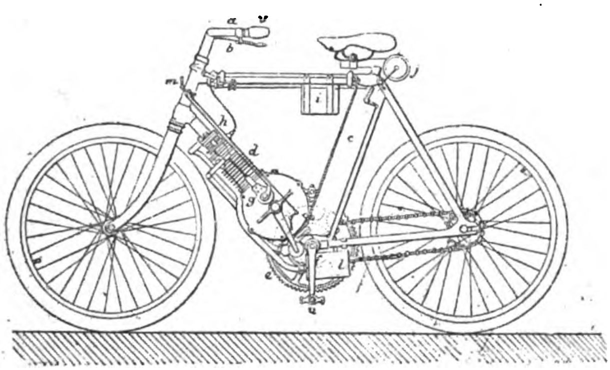


Fig. 163. — Bicyclette à pétrole de la Société Continentale d'automobiles.

La transmission est celle des bicyclettes ordinaires.

Une roue dentée V, folle sur l'axe du pédalier, est commandée directement par le pignon placé sur l'arbre-manivelle du moteur.

Cette roue V porte un pignon denté qui reçoit la chaîne, et transmet son mouvement sans multiplication à la roue arrière.

Le pédalier proprement dit est fou, par rapport à la roue V, dans le sens de la marche arrière ; un encliquetage à excentrique permet l'entraînement de la chaîne par les pédales dans le sens de la marche en avant.

Moteur. — Le moteur, du genre Daimler à quatre temps, tourne à une vitesse variant de 800 à 2.000 tours : ce dernier régime correspondant à une vitesse de 45 kilomètres à l'heure pour la bicyclette, le moteur donne alors une puissance de 70 à 80 kilogrammètres environ. Le cylindre, en fonte, G, est à ailettes. Une disposition spéciale permet une visite facile de la soupape d'admission I et de l'échappement *h*. Les tubes *h* et I, d'échappement et d'admission

placés sous le moteur, sont à l'abri des chocs par côté, le tube d'échappement venant aboutir en *q* dans le pot d'échappement.

Le moteur est muni de deux volants jumelés, formant plateau manivelle et enfermés dans la coquille cylindrique *z*.

Le graissage de toute cette partie se fait par le bouchon *d*.

La visite du piston est simple; il suffit d'enlever les deux plaques latérales de la coquille.

Carburateur. — Le carburateur à palettes est actionné mécaniquement par une petite courroie montée sur l'arbre de transmission du moteur, ce qui permet d'obtenir une volatilisation intensive de l'essence, qui arrrive par le robinet Cette essence est toujours neuve. Une vis *n* placée sur la tige horizontale du cadre permet le réglage d'arrivée de l'essence. La manette M, à l'aide de tiges coudées, permet de régler l'arrivée d'air dans le carburateur.

Allumage. — L'allumage est électrique par bobine d'induction placée derrière la selle. La bougie d'allumage est en *o*. Une came I, placée sur l'axe du pignon de commande de l'échappement, produit automatiquement, au moment voulu, le contact au primaire de la bobine.

Le déplacement de la lame de contact, par rapport à cet axe, à l'aide de la manette *l*, permet de produire l'allumage — à différents instants de la course du piston — d'où avance ou retard à l'allumage et réglage absolu de la vitesse.

Les accumulateurs au nombre de deux, sont contenus dans la boîte *u*. Un contact électrique, placé dans la poignée de bois du guidon, sert à isoler les accumulateurs ou à les mettre en relation avec la bobine.

Accessoires. — Les tubes *ff* servent de réservoir d'essence et ont une contenance de 1.500 centimètres cubes. L'ouverture *f*, placée sur le tube horizontal, sert au remplissage.

Cette bicyclette, dont le cadre et les roues sont de construction très robuste, n'excède cependant pas 45 kilos en ordre de marche.

La transmission directe par chaîne, sans multiplication entre le pédalier et la roue motrice, assure une bonne utilisation du moteur, même en forte rampe.

La manipulation de ce motocycle est très simple.

Les organes de commande de réglage en régime de marche, au nombre seulement de deux, manette du carburateur et manette de l'allumage, sont immédiatement à la portée du cycliste contre le guidon.

La mise en marche consiste à lancer la machine avec les pédales. Ceci fait, il suffit de tourner le contact électrique d'allumage placé dans la poignée de gauche du guidon.

Un frein puissant permet l'arrêt rapide.

Une propriété remarquable de cette bicyclette, qui en double la valeur, est la possibilité de sa transformation rapide en tricycle. L'opération consiste à remplacer la roue arrière par un essieu ordinaire de tricycle. Le différentiel, muni du pignon denté de commande, s'adapte exactement dans la fourche arrière de la bicyclette, en conservant la même ligne de chaîne.

Deux tiges réunissent les extrémités de l'essieu au point *b* à l'aide de deux boulons, dont le mouvement se fait dans l'axe absolu de la direction.

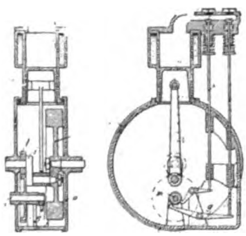
L'équilibre du cavalier s'obtient au bout de deux ou trois leçons, pourtant il est plus prudent de s'exercer d'abord sur une bicyclette sans moteur.

Avec le tricycle, il n'a qu'à s'occuper de sa direction ; c'est affaire d'instinct.

Moteur a pétrole de Boris-Loutzky, de Saint-Pétersbourg. — Les moteurs pour bicyclettes, remplissant toutes les conditions désirables,

doivent être aussi légers, aussi compacts et aussi simples que possible dans leur construction ; en outre les explosions ne doivent produire aucun bruit.

Fig. 164 et 165
Moteur de bicyclette
Boris-Loutzky.



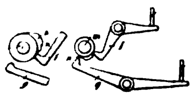


Fig. 166 et 167.
Détails du culbuteur.

Le dessin de la figure 164 représente un moteur à quatre temps pour bicyclettes, qui, d'après l'inventeur, correspond à ces exigences.

Tout le mouvement du moteur, y compris le mécanisme de distribution, est situé dans une cage fermée *a* sur laquelle est monté le cylindre *b*.

L'inventeur a constaté que pour les petits moteurs de bicyclettes qui généralement ont moins d'un cheval de force, il faut, pour obtenir un allumage sûr, employer un canal d'allumage droit, en même temps qu'étroit et rempli d'un mélange aussi pur que possible. A cet effet, la soupape d'échappement *d* est disposée dans l'étroit canal d'allumage *c*, devant la soupape d'aspiration *e* de telle sorte que pendant la période de compression du moteur il n'y a, à l'extrémité du canal d'allumage *c*, au-dessus de la soupape *e*, qu'un mélange absolument pur.

Les tiges de soupape d_1 et e_1 se trouvent dans le même plan que l'axe du cylindre *b*, et afin de pouvoir commander d'une façon convenable les deux soupapes *d* et *e* placées l'une derrière l'autre, les leviers de distribution correspondant *f* et *g* doivent se trouver également dans le même plan vertical et être actionnés par la même came *h*. Pour obtenir ce résultat, le levier de distribtion *f* est disposé au-dessus du levier *g*. Les rampes attaquant les deux leviers *f* et *g* sont disposées à 90° et la came commune *h* sert aussi bien à commander la soupape d'aspiration *e* qu'à commander la soupape d'échappement *d*.

Dans les moteurs qui sont munis d'un amortisseur pour les détonations, on a constaté ce fait que cet amortisseur exerce une contre-pression sur les gaz d'échappement. Pour éviter cette contre-pression, on ouvre tant soit peu, dans le moteur Loutzky, la soupape d'échappement avant la phase d'expansion, afin qu'une partie des gaz puissent s'échapper. Pour réaliser cette avance de la soupape d'échappement *d*, la came de commande *h* est munie, ainsi que le montre le dessin, d'un épaulement *n* qui actionne le levier *f*, tandis que le bec plus court du levier de commande *g* n'est pas actionné par ce cran *n*.

En outre, pour gagner de la place, l'arbre manivelle *i* logé dans deux coussinets de la cage *a* n'est muni que d'un côté d'un volant *k* tandis que sur l'autre côté est clavetée une roue dentée *l* qui s'engrène avec la roue dentée de l'arbre de distribution *m*, de sorte que l'ensemble du mécanisme de ce moteur se trouve renfermé dans la cage *a*.

Moteur de la bicyclette a pétrole Kane-Pennington. — Ce moteur a été construit en Amérique, et si nous en croyons les articles dithyrambiques publiés à son sujet, sa légèreté est sans pareille, vu l'extraordinaire simplicité du mécanisme. Ainsi, un moteur de 56 kilogrammètres ne pèse que $13^{k},5$; on obtient le cheval par un cylindre de 62 millimètres de diamètre avec $0^{m},15$ de course, construit en tube d'acier étiré : à partir de 6 chevaux, le poids par cheval n'atteint pas 6 kilogrammes. La maison Kane a même établi, dit-on, un modèle spécial pour automobile pesant 8 kilogrammes et développant 4 chevaux par 700 révolutions.

Avec une batterie de 500 grammes et un réservoir de pétrole, ce moteur, équipé sur une bicyclette de 26 kilogrammes, a permis de courir sur piste le kilomètre en 28 secondes. Les roues ont seulement $0^{m},54$ de diamètre; elles sont actionnées directement par le moteur. On dit que l'on a pu faire donner au moteur 2000 tours par minute : c'est un véritable tour de force. (fig 168).

La légèreté du moteur a permis de constituer une bicyclette tandem à deux cylindres pesant 48 kilogrammes; une victoria à trois places pèse 180 kilogrammes. Ce dernier véhicule, chargé de trois voyageurs, a parcouru 40 kilomètres à l'heure sur une route macadamisée.

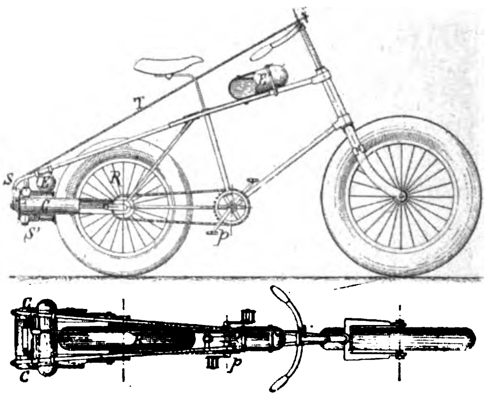


Fig. 168. — Bicyclette à pétrole Kane-Pennington.

La bicyclette Kane-Pennington était inscrite pour le concours de Chicago, de novembre 1895; il est regrettable que le mauvais temps l'ait empêchée de faire ses preuves.

M. Kane a imaginé de fermer le cylindre moteur par une sorte d'entonnoir en mousseline imperméabilisée par un enduit d'huile de lin cuite; un anneau élastique serre le tissu sur la paroi intérieure du cylindre, tandis que la bielle en traverse l'ouverture; sa flexibilité est telle qu'il ne se déchire pas et ne paralyse en rien ses mouvements. On évite ainsi l'entrée des poussières de la route dans le cylindre. L'admission d'air est protégée par une éponge humide, qui barre aussi le chemin aux impuretés qui pourraient obstruer les passages.

Pour les automobiles, on emploie de preférence la gazoline; débitée par un réservoir supérieur, elle arrive par son poids sur la soupape d'introduction du liquide.

Nous avons dit qu'il est inutile de réfrigérer le cylindre par une enveloppe d'eau et nous en avons expliqué les raisons.

La marche arrière est obtenue par le décalage de la roue dentée commandant l'arbre de distribution à demi-vitesse.

Bicyclette Hertschmann. — M. Arthur Hertschmann, ingénieur de la « Dunlop Motor C° » de Londres, a fait connaître également un modèle de bicyclette à moteur rappelant la forme des précédentes. Le moteur est à deux cylindres, dont l'effort s'équilibre, et qui agissent à quatre temps comme à l'ordinaire. Les pistons, par l'intermédiaire d'une manivelle courte actionnent une roue dentée fixée sur la base du cadre d'une bicyclette ordinaire, près du pédalier. Cette roue engrène avec un pignon intermédiaire qui transmet le mouvement à la roue motrice à l'aide d'une chaîne à rouleaux. Les pédales ne sont donc utiles que pour la mise en train du moteur et dans les côtes; elles sont munies d'un rochet pour les débrayer à volonté.

Le moteur peut développer 50 kilogrammètres, il est à allumage par tube incandescent, et le refroidissement est assuré par deux cônes largement évasés, dans lesquels l'air s'engouffre pour circuler autour des cylindres.

Bicyclette Girardot. — Le coureur cycliste Girardot a combiné un modèle de bicyclette à pétrole qui a pris part à plusieurs courses sur routes et a pu marcher — sur piste et pendant quelques instants seulement — à 55 kilomètres à l'heure. Le moteur ne présente aucune particularité méritant d'être notée; c'est un de Dion ordinaire, type 1 cheval 3/4, placé dans le cadre, et qui commande par trois pignons successifs, d'inégal diamètre, la roue d'arrière sur laquelle le cycliste peut agir en même temps suivant le procédé ordinaire. Nous n'insisterons donc pas sur ce système qui n'a rien de nouveau et ne possède aucune qualité spéciale.

MOTOCYCLETTE WERNER. — Cette bicyclette, d'origine anglaise a surtout comme supériorité que la roue d'avant est à la fois motrice et directrice, ce qui est bien peu de chose en réalité. Le moteur (fig. 169)

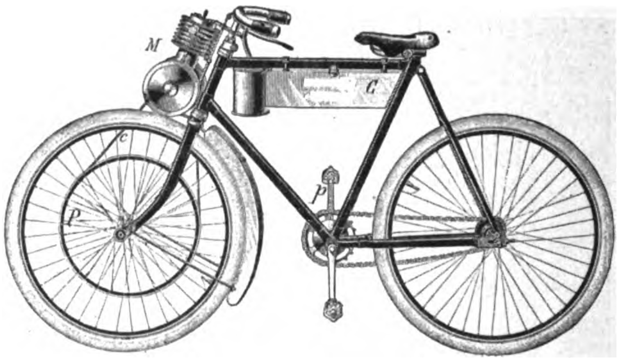


Fig. 169. — Motocyclette Werner.

ne pèse que 10 kilogrammes, 14 kilogrammes avec carburateur et tous les accessoires. Sa force atteint 1/2 cheval, ce qui, paraît-il est suffisant pour atteindre la vitesse de 30 kilomètres et monter les côtes sans pédaler.

L'allumage se fait par un tube incandescent d'un système nouveau supprimant les neuf dixièmes des ratés ; le brûleur très réduit est à flamme invisible et est enfermé dans une petite lanterne. Le carburateur, formé d'un réservoir en cuivre nickelé, suit le tube horizontal du cadre et contient deux litres et demi d'essence, quantité suffisante pour 120 kilomètres. Le mélange d'air et de carbure se fait au moyen de l'unique manette fixée au guidon, qui sert aussi pour la mise en route et l'arrêt, le changement de vitesse et la suppression de la compression.

Le pédalier est uniquement pour la mise en route ; dès le moteur en marche il se débraye et devient repose-pieds.

Avec la bicyclette ordinaire, sans moteur, il se produit en petit le mouvement de lacet des locômotives, d'où une marche sinueuse qui

déplace à chaque coup de pédale la direction et le centre de gravité du cavalier. Cet inconvénient disparaît avec la bicyclette Werner à laquelle il faut reconnaître des défauts malheureusement très sérieux, dus à sa construction des plus médiocres et à son montage rudimentaire, lequel doit limiter considérablement sa durée. Nous avons pu nous rendre compte de ces imperfections qui font de la motocyclette un objet de bazar qui n'a, en conséquence, aucune chance de s'acclimater dans notre pays.

Moteurs de quadricycles. — Les bicyclettes et tricycles présentent certains inconvénients, dont les moindres sont la réduction de la stabilité et l'emplacement unique dont ils disposent. En conséquence, plusieurs constructeurs ont songé à les transformer en voiturettes à quatre roues par l'adjonction d'un siège démontable disposé, à l'avant comme dans les avant-trains Chenard et Pimbert, ou à l'arrière. Mais la partie essentielle, la seule qui doit nous intéresser dans cet ouvrage, le moteur, est d'un type que nous connaissons déjà, sauf dans le quadricycle Darracq, et nous ne mentionnerons que le dispositif employé dans ce véhicule.

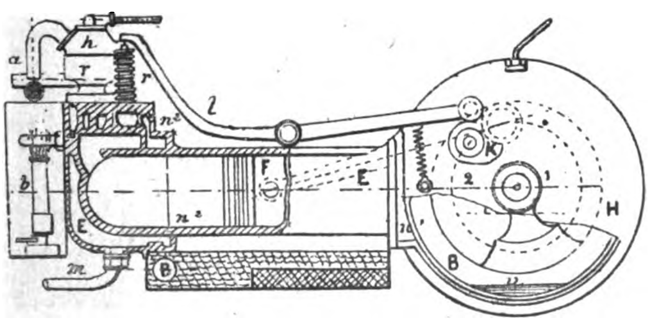


Fig. 170. — Moteur du quadricycle Darracq.

Ce moteur (fig. 170) est horizontal et comporte deux cylindres parallèles, placés en opposition, et dont un seul est représenté sur le

dessin. Les deux bielles des pistons attaquent le même bouton de manivelle.

La carcasse est fondue en quatre parties : les boîtes d'explosion et le fond des cylindres, les cylindres, et enfin l'enveloppe composée de deux pièces boulonnées.

Il n'y a pas de circulation d'eau; de simples ailettes venues de fonte avec le cylindre assurent le refroidissement par l'air ambiant. L'allumage est électrique et se produit à l'extrémité d'une bougie qui sert à amener le courant.

Les deux soupapes de chaque cylindre sont horizontales, ce qui ne nous semble pas recommandable. Elles sont commandées mécaniquement par deux cames montées sur une arbre intermédiaire qui tourne deux fois moins vite que l'arbre principal. Cette démultiplication est obtenue à l'aide de deux engrenages dans le rapport de 1 à 2.

Comme dans le moteur de voiture, un des cylindres se trouve à la période d'aspiration pendant que l'autre est à la période d'explosicn. Des ressorts agissent sur les soupapes de façon à les faire retomber sur leurs sièges. La manivelle est constituée par deux plateaux clavetés sur l'arbre principal et réunis par le bouton de manivelle. Les plateaux barbotent dans l'huile contenue dans l'enveloppe hermétique, ce qui assure un bon graissage de tous les organes de la machine.

La course de chaque piston est de 75 millimètres et le degré de compression est sensiblement le même que celui du moteur de voiture. La puissance du moteur est d'environ deux chevaux effectifs à la vitesse de 400 tours par minute, et la consommation d'essence minérale atteint 1/2 litre par cheval et par heure.

Moteur du quadricycle Clément. — Ce système se signale par sa simplicité. On voit, sur la figure 171, la soupape automatique d'admis-

sion en E, la soupape d'échappement en D; cette dernière est commandée par le levier QST mû par la came NN', calée sur l'arbre M à demi-vitesse et desservant les deux cylindres conjugués. Le carter V, dans lequel sont renfermés les coudes du vilebrequin, est alimenté d'huile par le tube 1; le carter des cames est lui-même fermé et lubréfié par le tube 3. Le tube 2 graisse le cylindre.

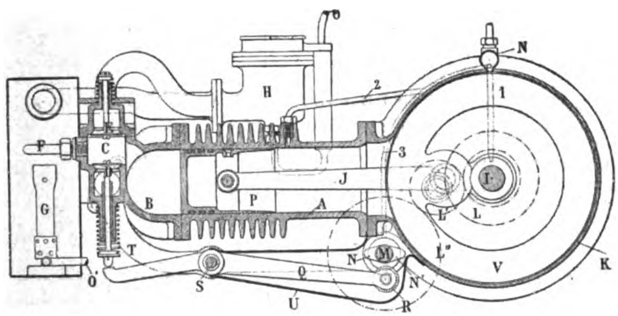


Fig. 171. — Moteur du quadricycle Clément.

Le carburateur H est analogue à ces petits abreuvoirs bien connus de cages d'oiseaux, et il débite à chaque aspiration, par la manœuvre automatique d'une soupape, la quantité qu'il faut d'essence. L'air admis est chauffé par le brûleur C.

Un moteur de 160 kilogrammètres pèse 43 kilogrammes.

CHAPITRE IX

LES MOTEURS ROTATIFS A PETROLE

PRINCIPE DU TURBO-MOTEUR A GAZ EXPLOSIF
DESCRIPTION DE LA TURBINE A GAZ TONNANT DE HAYOT
MOTEURS ROTATIFS A PÉTROLE AURIOL, CHAUDUN,
GARDNER SANDERSON ET ANDRÉ BEETZ

Le principe de la turbine à gaz tonnant consiste à utiliser la force vive d'une masse d'air préalablement comprimée, mélangée à un combustible gazeux qui en élève la température à pression constante, et détendue dans un ajutage convenablement évasé dans ce but.

Description générale. — La turbine à gaz tonnant est une turbine parallèle à injection partielle, sur les aubes de laquelle le fluide est amené détendu au moyen d'ajutages en nombre variable, dont les axes font un angle très faible avec le plan de la roue. L'axe de la turbine porte un pignon à double denture hélicoïdale ou une vis sans fin à billes qui transmet le mouvement réduit dans le rapport voulu à un axe auxiliaire qui est généralement l'arbre moteur de la machine. — Cet axe met d'ailleurs en mouvement un deuxième axe auxiliaire dont la vitesse est réduite et dont la fonction actuelle est d'actionner les pompes de compression (pompe à air et pompe à gaz ou à pétrole). L'air atmosphérique est refoulé par la pompe de compression, sous une pression déterminée, dans un réservoir qui fait

office de régulateur de pression et d'accumulateur pour la mise en train. Le pétrole ou le gaz est refoulé sous la même pression par des pompes spéciales dans une chambre appelée chambre à vapeur, qui est à une haute température et dans laquelle le pétrole se vaporise au fur et à mesure de son arrivée. L'air comprimé venant du réservoir débouche dans la chambre à vapeur par un ajutage, chasse devant lui le gaz ou les vapeurs de pétrole auxquels il se mélange et pénètre aussitôt dans une chambre dite de combustion, dont les parois sont à une température élevée. Le mélange s'y enflamme spontanément au fur et à mesure de son arrivée, augmente de volume et de température, sa pression restant constante, et s'en échappe par un ajutage qui le conduit complètement détendu sur les aubes de la roue réceptrice.

Description particulière des organes. — Pompe à air. — C'est une pompe de compression à double effet marchant à grande vitesse ce qui permet de réduire le volume du régulateur de pression. Elle se compose d'un corps de pompe en bronze pourvu d'ailettes et entouré d'une enveloppe à circulation d'eau. Les soupapes sont constituées par des billes logées dans les bases du corps de pompe. Ces bases sont percées de trous nombreux pour l'injection de l'eau en pluie fine pendant la compression. Le piston, qui se meut avec une grande vitesse, est en aluminium et recouvert sur ses deux faces d'un disque de feutre constamment imbibé d'eau. Sa tige est en acier. Un robinet placé sur le tuyau de refoulement de l'air permet de laisser celui-ci s'échapper dans l'atmosphère quand il y a lieu, comme par exemple pour faciliter la mise en train.

Une petite pompe aspirante et foulante à double effet injecte l'eau nécessaire dans le cylindre de compression. Un robinet placé sur la conduite d'aspiration de l'eau permet d'interdire à celle-ci l'accès du corps de pompe malgré le fonctionnement du piston.

Réservoir d'air comprimé. — Le réservoir d'air comprimé est à la fois un régulateur de pression et un accumulateur pour la mise en train ; il est, de plus, construit de manière à constituer un récupérateur. Il se compose de tubes de cuivre à ailettes disposés horizontalement dans une caisse en tôle garnie intérieurement de matières réfractaires et recouverte à l'extérieur de feuilles de laiton poli. Cette caisse est divisée, par des feuilles de tôle horizontales, en compartiments communiquant entre eux alternativement par une extrémité et par l'autre, et séparant ainsi les tubes de cuivre en faisceaux. Dans cette caisse se trouve également la turbine proprement dite renfermée également dans un compartiment spécial dont les parois sont revêtues de terre réfractaire et en communication avec le compartiment supérieur. L'air comprimé circule à l'intérieur des tubes dans lesquels il arrive par le bas. Les gaz chauds qui s'échappent de la turbine enveloppent les tubes de cuivre en parcourant les divers compartiments à partir du haut. Le chauffage méthodique est ainsi réalisé. Des robinets permettent de fermer le réservoir quand on suspend la marche de la machine. Un petit ventilateur hélicoïdal placé dans un tuyau au bas de la caisse assure l'écoulement des gaz refroidis du récupérateur. Un manomètre est branché sur les tubes inférieurs. La caisse est aussi munie de couvercles qui permettent d'évacuer les gaz chauds de l'échappement sans leur faire traverser les divers compartiments, comme il est utile de le faire quand on arrête la machine.

Entre la pompe à air et le réservoir est placé un purgeur. C'est une simple boîte munie d'une éponge destinée à empêcher l'eau en excès de pénétrer dans le réservoir d'air. Un robinet permet l'évacuation de l'eau, que l'on règle de manière à obtenir un écoulement continu.

Chambre à vapeur. — La chambre à vapeur est en acier et garnie d'ailettes intérieures. Elle est en contact direct avec les parois

de la chambre de combustion et se trouve à une température élevée. Elle est traversée suivant son axe par un ajutage conique qui livre passage à l'air comprimé. La partie postérieure de la chambre à vapeur peut être enlevée pour permettre le nettoyage de la chambre.

Chambre de combustion ou *ampoule d'expansion.* — La chambre de combustion est en acier et revêtue intérieurement, de terre réfractaire, suivant le degré de température que l'on veut atteindre; elle est pourvue intérieurement d'ailettes en acier destinées à faciliter la combustion spontanée du mélange tonnant.

Ajutage. — L'ajutage distributeur est un organe essentiel. C'est pendant le trajet dans cet ajutage que se détendent les gaz. Il est en acier et sa section se rapproche autant que possible de la forme du jet. Il est vissé sur la chambre de combustion. Son axe est très faiblement incliné sur le plan de la roue.

Le nombre des ajutages est variable, mais il ne peut être inférieur à deux, symétriquement disposés par rapport à l'axe de la roue.

Il y a une chambre à vapeur et une chambre de combustion par ajutage.

Enveloppe de sûreté. — L'enveloppe de sûreté est une boite cylindrique en acier, démontable en deux pièces, dans laquelle se rend l'air comprimé qui vient du réservoir et qui renferme la chambre à vapeur, la chambre de combustion et l'ajutage. Son but est d'empêcher la déformation ou la rupture de ces pièces portées à une haute température et soumises intérieurement à de fortes pressions. Elle est munie d'un robinet ou d'un bouchon métallique qui sert à la mise en train.

Roue. — La roue est en acier et les aubes sont taillées à la fraise. Un cercle d'acier est fretté sur les aubes pour réduire l'action de l'air sur leurs extrémités, car la vitesse à la périphérie est consi-

dérable. La roue est montée sur un axe en acier long, mince et flexible. Cet axe, ainsi que les axes auxiliaires tourne dans des paliers à billes. Sont également munies de billes, les têtes de bielle de la pompe d'air, à eau et à gaz.

Lorsque par suite du grand écart des températures entre lesquelles on fait fonctionner la turbine, les gaz de l'échappement sont encore à une température élevée il peut devenir nécessaire de refroidir le disque de la turbine qui est évidemment à la même température que ces gaz. Dans ce cas on fait tomber sur le disque une pluie très fine. Le disque est muni d'une nervure circulaire qui conduit cette eau dans une gouttière.

Pompe à pétrole. — C'est une petite pompe aspirante et foulante à simple effet. Le corps de pompe se compose d'un cylindre et d'un manchon intérieur entraîné par le frottement du piston dans son mouvement d'élévation et d'abaissement. Le manchon couvre et découvre donc alternativement les ouvertures d'aspiration et de refoulement du pétrole. La pompe est actionnée par un excentrique dans lequel le frottement du collier sur le disque est remplacé par un roulement sur billes.

Pour assurer au pétrole un écoulement régulier dans la chambre à vapeur on place sur le tuyau de refoulement un petit réservoir contenant une poche à air.

Le débit de la pompe est variable, de manière à maintenir toujours, dans une égalité aussi parfaite que possible le travail moteur et le travail résistant. Les variations de débit sont obtenues de la manière suivante : Un coin pénètre plus ou moins sous le manchon ; il en résulte une fermeture incomplète du canal d'aspiration, et au contraire une ouverture incomplète du canal de refoulement. Dans sa période d'abaissement, le piston chasse donc, dans le canal de refoulement, une quantité de pétrole variable suivant la position du coin.

Une entaille est pratiquée dans le piston pour le passage du coin. Celui-ci est d'abord déplacé à la main au moyen d'une vis mobile dans un écrou fixe, de manière à mettre en quelque sorte la machine au point, c'est-à-dire la placer dans les meilleures conditions d'économie en mêlant la quantité de pétrole d'après le travail à fournir et l'efficacité du récupérateur. Une fois la position du coin ainsi déterminée, on le soumet à l'action d'un régulateur à boules, en serrant la tête de la vis *v* dans les mâchoires d'une pince. Cette pince est reliée à un levier actionné par le collier du régulateur dont il amplifie les mouvements.

Lorsque le volume d'une cylindrée de pétrole est faible, on peut régler le débit de la manière suivante :

La pompe est la même mais le coin est supprimé. Le débit est donc constant mais le réservoir de régularisation est muni d'une soupape de décharge maintenue par un ressort, et qui s'ouvre lorsque la pression au réservoir dépasse une limite déterminée. En outre la section d'écoulement du pétrole est rendue variable par un tiroir perpendiculaire au tuyau de distribution. Comme pour le coin on détermine d'abord la position du tiroir à la main, au moyen d'une vis que l'on soumet ensuite à l'action du régulateur.

Cycle. — Le cycle de la turbine est celui de Joule lorsque la compression de l'air est adiabatique. Lorsque cette compression est isothermique, comme nous l'avons prévu dans la description précédente, le cycle est alors le suivant :

AB aspiration, BC compression isothermique, CD élévation de température à pression constante, DE détente adiabatique, EA expulsion des gaz.

La valeur du rendement 5' nous est donnée par la formule

$$5' = \frac{Q1 - Q2 - 9}{Q1}$$

Calculons par exemple la valeur de 5' en admettant une compression isothermique de 10 atmosphères et un poids d'air de 30 kilogrammes pour 1 kilogramme de pétrole à 10,000 calories.

La masse d'air étant échauffée sous pression constante, sa température sera élevée de

$$\frac{10\ 000}{0{,}2374 \times 30} = 1404^\circ \text{ C.}$$

Soit T 2 = 288 absolus. On aura T 1 = 1692 et t = 867.

Le travail de compression peut s'exprimer en calories qu'il faut déduire du nombre de calories disponibles.

$$9 = A\,R\,T\,2 \log' \frac{p}{p_o}\, 30 = 1368 \text{ cal.}$$

d'autre part

$$Q2 = 0{,}2374\ (867 - 288) \times 30 = 4116.$$

On a donc

$$5' = \frac{10.000 - 4116 - 1368}{10.000} = 0{,}45.$$

Avec la compression adiabatique le rendement eût été

$$1 - \frac{T2}{T} = 1 - \frac{288}{562} = 0{,}49$$

et le cheval eût coûté 135 grammes de pétrole.

Avec la compression isothermique, le rendement n'étant que 0,45, le cheval coûterait 141 grammes. Mais si nous envoyons les gaz de l'échappement dans la caisse du récupérateur au lieu de les jeter à l'atmosphère nous pouvons admettre que ces gaz à la température de 867° absolus élèveront la valeur de l'air comprimé de 288 à 577 qui n'est que la température moyenne entre 288 et 867.

Le nombre de calories à demander au pétrole pour élever 30 kilogrammes d'air à T_1 = 1692 ne serait plus alors que

$$30 \times 0{,}2374\ (1692 - 597) = 7941$$

et le cheval reviendrait seulement à 112 grammes de pétrole, ou 215 litres de gaz à 5.250 calories.

Cette dépense correspond à un rendement de 0,57. L'emploi de la compression isothermique et du récupérateur faisait donc réaliser dans l'exemple choisi une économie de 30 %.

Le cheval-heure au prix de 112 grammes de pétrole ou 215 litres de gaz, c'est évidemment là un résultat théorique, et, pratiquement, on en serait loin ; mais je vais faire voir que la turbine permet de se rapprocher plus de ce résultat en évitant les grandes pertes (pertes à l'échappement et pertes par les parois) qui affectent ces moteurs.

Pertes à l'échappement. — Indépendamment d'une forte compression préalable, permettant une longue détente, la turbine sauve avec son récupérateur une partie notable des calories emportées par les gaz de l'échappement. Or, l'emploi d'un récupérateur n'est pratiquement possible que dans les moteurs à combustion qui opèrent la compression dans un cylindre spécial : C'est donc un avantage que la turbine possède à cet égard sur les moteurs à cylindre unique et notamment les moteurs à explosion qui ont actuellement la prééminence.

Pertes par les parois. — Dans les moteurs à piston il n'est pas possible de se passer d'eau de réfrigération et la perte de calorique qui en résulte varie de 30 à 45 %. Dans la turbine, l'eau de réfrigération n'est plus nécessaire parce qu'il n'y a plus d'organes soumis au frottement contre des parois chaudes. La chambre de combustion peut être maintenue à une température aussi haute que le permet la nature de la matière qui en constitue les parois, et rien n'oblige ici à l'emploi exclusif du métal, comme cela avait lieu pour les moteurs à piston. Il en résulte donc une moins grande conductibilité des parois, mais cette conductibilité n'a d'ailleurs pas d'importance, car les calories cédées par les parois de la chambre de com-

bustion le sont à l'air qui va pénétrer dans cette chambre, et la perte de calorique ne peut s'effectuer que par l'intermédiaire de cet air et des parois de l'enveloppe de sûreté. Mais celle-ci est enveloppée par les gaz de l'échappement dont la température est au moins égale, sinon supérieure, à celle de l'air qui circule à l'intérieur de l'enveloppe. La perte par les parois est donc supprimée.

En résumé : réduction de la perte à l'échappement, suppression de la perte par les parois ; tels sont les avantages thermiques de la turbine à gaz tonnant.

Cette forme de machine thermique présente d'ailleurs des avantages considérables au point de vue du poids et de l'emplacement que nécessite son installation. Et ces avantages ressortent principalement dans la turbine à pétrole qui est tout naturellement désignée pour les installations mobiles, telles que bateaux, locomobiles, grues, etc. Dans la plupart de ces cas, les considérations de poids et surtout d'encombrement, primeront les considérations d'économie et afin de satisfaire dans une plus large mesure aux premières de ces conditions il y a lieu de faire subir à la turbine les modifications suivantes :

1° *Suppression du récupérateur.* — Le récupérateur, organe utile mais accessoire de la turbine à gaz tonnant est à lui seul plus encombrant que le reste de la machine. On le remplace par un simple réservoir à air comprimé mais à double enveloppe dans laquelle on fait circuler les gaz de l'échappement.

2° *Modification du cycle.* — La compression isothermique est remplacée par une compression adiabatique. Il y aura généralement avantage à opérer ainsi que le montre l'exemple que nous avons pris. Il en résultera en outre une simplification d'organes. Mais afin d'éviter le refroidissement de l'air comprimé pendant son séjour dans le réservoir, ce dernier, comme nous venons de le dire, est enveloppé

par les gaz de l'échappement. De la sorte, les calories dégagées par la compression ne sont point perdues.

Une machine construite dans ces conditions donnerait certainement le cheval sous un faible volume et sous un faible poids. En raison de la grande vitesse de la turbine, les organes ne sont soumis, pour un travail donné, qu'à des efforts beaucoup plus faibles que dans toute autre machine et peuvent être en conséquence de dimensions et de poids beaucoup plus restreints. De plus, le mouvement de rotation de la turbine réduirait beaucoup les trépidations, ce qui est avantageux dans les installations mobiles.

En résumé, les avantages de la turbine à gaz tonnant peuvent se grouper sous deux chefs principaux.

1° Avantages thermiques résultant de la réduction des pertes à l'échappement et de la suppression des pertes par les parois.

2° Avantages organiques résultant de la faible dimension des organes et de leur faible poids.

Par les premiers de ces avantages, elle constitue un moteur d'atelier très économique.

Par les seconds, un moteur léger et peu encombrant destiné spécialement aux installations mobiles.

(Note I.) — Parmi les différentes applications de la turbine son emploi comme moteur aérostatique présente des avantages tout particuliers. Un moteur de ce genre doit d'abord être très léger et aussi peu encombrant que possible, mais il doit, de plus, pour satisfaire aux conditions de la pratique, pouvoir fonctionner pendant un temps assez long, une dizaine d'heures au minimum.

Considérons une turbine fonctionnant suivant le cycle de Joule entre 288 et 1.100° absolus. Le travail de la machine sera maximum pour $T = \sqrt{T_2 T_1} = 562$ température qui correspond à une compression adiabatique de 10 atmosphères. La température t des gaz de

l'échappement sera 565 absolus, soit 292 C. Cette température est suffisamment basse pour que l'on puisse se dispenser de réfrigérer le disque de la turbine car la résistance de l'acier Bessemer ou Siemens Martin n'est pas altérée jusque vers 360° et vers 400 elle subit même pour le premier une augmentation de 10 kilogrammes par mètre carré. Il suffirait donc de refroidir l'axe de la roue, ce qui n'exigerait qu'une quantité d'eau insignifiante.

Le rendement théorique du moteur serait $\delta' = 1 - \frac{i - T_2}{T_1 - T} = 0,49$ et le cheval-heure coûterait 135 grammes de pétrole à 10.000 calories. Le coefficient d'utilisation pratique atteint actuellement dans les bons moteurs à piston 0,57, nous pourrions le supposer au moins égal pour notre turbine, qui, ainsi que nous l'avons montré, doit réaliser son cycle avec le plus de précision que le moteur à piston. Mais prenons-le seulement égal à 0,50. Le cheval effectif coûterait 270 grammes. Et un moteur de 100 chevaux consommerait en 10 heures de marche 270 kilogrammes de pétrole. Les organes les plus volumineux sont les pompes et le réservoir d'air. Or, il suffirait à un moteur de cette puissance de deux pompes à air de 20 décimètres cubes chacune et un réservoir de 200 décimètres cubes pour que les variations de la pression ne fussent que de 1/50 de sa valeur. On voit donc que ces organes seraient peu volumineux eu égard à la puissance du moteur. Le poids de celui-ci serait d'environ 300 kilogrammes. Une turbine de 100 chevaux, avec son approvisionnement pour 10 heures de marche, pèserait seulement 570 kilogrammes et le cheval-heure 5 kil. 700.

Cette grande économie de poids résulte principalement de ce fait que dans la turbine le poids mort de l'agent mis en œuvre est nul puisque cet agent est l'air atmosphérique, tandis que dans les autres machines ce poids croît avec la durée d'action, ce qui a empêché d'utiliser jusqu'à présent pour la propulsion des aérostats des moteurs très légers.

La turbine pourrait évidemment employer soit du pétrole, soit le gaz du ballon: mais l'emploi exclusif de l'un ou l'autre de ces combustibles a l'inconvénient, ou de délester constamment l'aérostat, ce qui oblige à laisser échapper dans l'atmosphère et en pure perte un poids de gaz équivalent à l'excédent de force ascensionnelle du ballon, ou de diminuer constamment la force ascensionnelle ce qui oblige à jeter du lest, inconvénient plus sérieux que le premier. On résout la question en employant deux moteurs, l'un actionné par du pétrole, l'autre par le gaz du ballon, ce qui permet, pour un même poids de combustible, d'augmenter la durée du voyage. Or, la turbine permettrait de réaliser ce résultat avec un seul moteur, car il suffirait évidemment de munir la turbine d'une pompe à pétrole et d'une pompe à gaz. La turbine emploierait le pétrole dans certaines ampoules, le gaz dans les autres.

A moins que des considérations particulières ne viennent s'y opposer, il serait évidemment préférable au point de vue du poids et de l'encombrement d'employer de la sorte un seul moteur de 100 chevaux de préférence à deux moteurs possédant la même puissance.

(Note II.) — Les moteurs à pétrole à piston ne font que des compressions relativement faibles pour éviter la condensation de la vapeur de pétrole qui ne brûlerait ensuite qu'incomplètement. Mais on peut pousser la compression beaucoup plus loin dans la turbine, parce qu'on a de la vapeur surchauffée dans une chambre où la température est très élevée, et parce que l'air qui se mélange à cette vapeur est lui-même à une haute température. La possibilité de faire de plus fortes compressions doit donc permettre d'élever le rendement de ces moteurs, indépendamment des avantages que présente la turbine dans la réalisation du cycle.

Moteurs rotatifs a pétrole. — Plusieurs constructeurs ont essayé d'appliquer au moteur à explosion le principe de la machine rotative à vapeur et de la turbine à force vive, mais il faut avouer que, jusqu'à présent, le succès définitif n'a pas couronné ces efforts. Mais on peut penser que ce n'est maintenant qu'une question de technique et que le turbo-moteur à pétrole ne consomme pas plus que la machine fonctionnant d'après le cycle à quatre temps.

On conçoit, sans qu'il soit nécessaire d'insister davantage, quelle supériorité réelle présente la marche par effort continu du moteur rotatif sur la marche par saccades du moteur à explosions successives actuellement en usage.

Parmi les mécaniciens qui ont fait connaître des dispositifs de ce genre, citons MM. Gautier et Wehrlé, qui ont étudié un modèle dans lequel la distribution est effectuée à l'aide d'une palette que le mélange gazeux appuie contre la paroi intérieure du cylindre en faisant l'office de piston. Pour marcher au gaz ou à l'air carburé, on accouple deux de ces machines, la première aspirant le mélange et le refoulant, une fois la compression achevée, dans la seconde.

A l'Exposition de l'Automobile, on remarquait deux systèmes d'un génre analogue, dus, l'un à M. H. Chaudun, l'autre à MM. Arnaud et Marot. Le premier est constitué par la combinaison de trois éléments semblables fonctionnant chacun distinctement et recevant l'action motrice du fait de l'explosion d'un mélange tonnant constitué et enflammé à la manière ordinaire. Basé sur des dispositions absolument nouvelles, le mécanisme paraît d'une grande simplicité tant au point de vue de la construction qu'à celui du fonctionnement. Les organes mobiles sont bien équilibrés et disposés de telle façon que leur action peut être combinée, réduite ou supprimée suivant l'effort à produire. La mise en train est obtenue en amenant les organes à la position correspondant à l'inflammation du mélange explosif. Cet équilibre annule les trépidations, et la consommation ne dépasse pas, à ce qu'af-

firme l'inventeur, la consommation moyenne des autres moteurs à pistons.

Les figures 172, 173 et 174 permettent de se rendre plus facilement compte du fonctionnement de cet appareil original. Sur un bâti unique, sont disposées deux boîtes de forme elliptique et identique A et A 1 (fig. 172). Ces boites renferment deux cylindres BC, B_1 C_1,

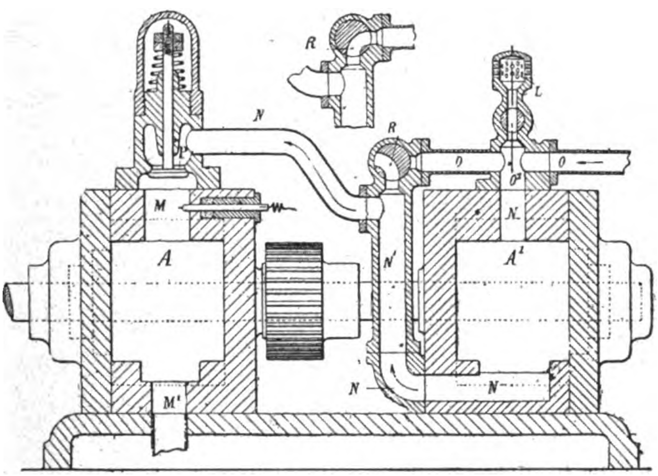


Fig. 172. — Coupe du moteur rotatif Chaudun.

avec deux arbres parallèles D E, sous lesquels sont montées les portions de disques formant quatre pistons tournants F et G, F_1 et G_1. Ils sont calés respectivement : F et F_1 sur l'arbre D, G et G_1 sur l'arbre E, les arbres E et D ayant leur mouvement conjugué par les engrenages extérieurs K qui sont égaux.

Le groupe B_1 C_1 aspire par N l'air carburé et le comprime dans la chambre M où se produit l'explosion, puis l'effort moteur qui agit sur le groupe moteur BC; le piston F_1 comprime donc le gaz qui actionnera le piston F et le piston G_1 le gaz qui agira sur G, les mouvements étant rendus synchrones par les engrenages extérieurs K, liaison entre les deux arbres D et E.

L'air afflue à travers le tamis O_3 et le robinet O_4; le gaz arrive par O_1; il se mélange en N d'où il pénètre dans la boîte A_1; puis est refoulé par le conduit N_3N_4 au-dessus de la soupape d'admission P, soupape automatique réglée par la tension du ressort P_1; comprimé en M le mélange gazeux s'allume par l'étincelle électrique produite par la bougie M_1, puis agit sur l'un ou l'autre piston de la boîte A. L'échappement des gaz brûlés a lieu par M_4 au-dessous du bâti.

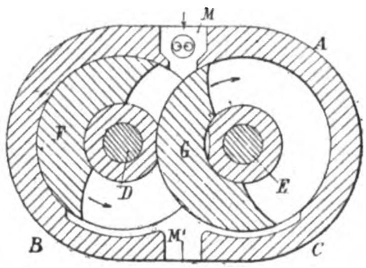


Fig. 173

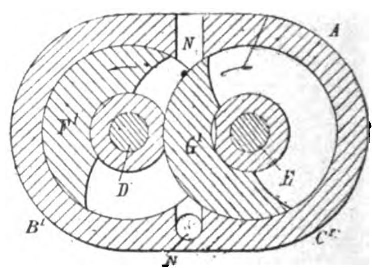


Fig. 174

Sur la figure 172, le robinet N_6 est disposé pour la marche normale donnant la continuité de la conduite N_1 N_2 N_3 N_4; mais au démarrage on tourne le robinet N_6 dans la position indiquée figure 1 *bis*; le moteur marche alors sans compression. En suivant le cycle sur les figures 173 et 174, on voit que le piston F, poussé par les gaz allumés en M, chasse par M_4 A_2 les gaz de l'explosion précédente, tandis que G et G_1 jouent ensuite le rôle de moteur et compresseur, comme précédemment G et F.

En somme, le groupe A B est le moteur proprement dit, donnant une explosion par tour, grâce à la compression préalable réalisée par le groupe A_1 B_1, tous les mouvements étant conjugués.

Il reste à savoir ce que ce dispositif, qui rappelle celui des rotatives à vapeur et des pompes Behrens, donnerait dans la pratique, avec l'air carburé. Nous aurions désiré, pour nous former une opinion, voir fonctionner ce système et connaître les résultats, mais

cette faveur nous a été refusée par le capitaliste exploitant le brevet, et nous sommes obligés de supposer que ces résultats ne sont pas assez encourageants pour faire de ce moteur un appareil vraiment industriel.

Moteur Auriol. — La caractéristique de ce moteur réside dans les moyens employés pour transformer le mouvement alternatif rectiligne des pistons en un mouvement circulaire continu et dans le mode de distribution des gaz.

Le cylindre A_1 (fig. 175) est solidement fixé par des brides à l'arbre moteur D qui tourne dans les longues douilles E assujetties aux paliers de la machine et par conséquent, immobiles. Avec chacune de ces douilles, sont fondus deux excentriques GG_1 et G_2 G_3 dont les colliers sont attelés deux à deux avec les arbres oscillants CC' qui portent les pistons BB'; les excentriques d'une paire ont le même calage et font un angle de 180° avec les excentriques de l'autre paire; tous roulent dans leurs colliers sur des billes qui atténuent les frottements.

L'explosion se produit entre les pistons qui agissent sur les excentriques fixes dans une direction plus ou moins oblique par rapport à l'axe longitudinal du cylindre A; celui-ci prend dès lors un mouvement de rotation et y fait participer l'arbre transversal D. Comme les pistons sont animés de mouvements réciproques, ils se trouvent toujours à une égale distance de cet arbre et dans des positions symétriques, de sorte que le moteur est équilibré.

La distribution se fait autour des tourillons de gauche dont le palier porte l'arrivée d'air carburé R et la sortie S des gaz brûlés. Sur la face dressée de ce palier tourne autour de son manchon E, le distributeur N percé de deux orifices O P à 90° l'un par rapport à l'autre (fig. 178) et sur la droite de ce distributeur s'appuie sous l'action de petits ressorts intérieurs un disque U portant une tubulure L (fig. 176)

assemblée dans un plateau J, fondu avec un tuyau relié par une conduite avec le milieu du cylindre. Le disque participe, par conséquent, au mouvement de rotation du cylindre.

Une roue conique fixe est montée sur le palier de distribution, une roue semblable faisant face à la précédente est calée sur le plateau JLU ; dans ces roues engrènent deux pignons fous, tourillonnés verticalement sur le distributeur N qui, sous l'action de cet engrenage différentiel, tourne moitié moins vite que le cylindre et le plateau JU.

Fig. 175. — Moteur rotatif à pétrole Auriol

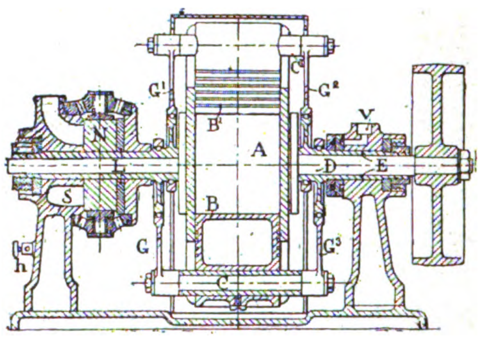
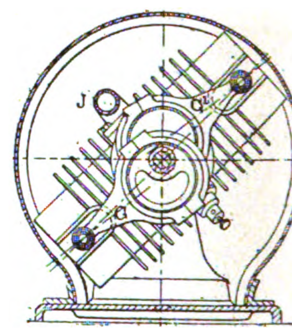


Fig. 176. — Coupe transversale.



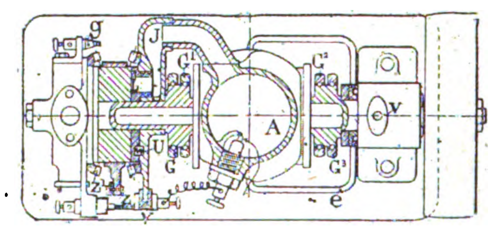


Fig. 177. — Vue en coupe et plan.

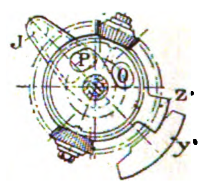


Fig. 178.— Distribution et allumage.

Au début d'une course, les orifices O et P du distributeur N se trouvent entre l'ouverture L qui, en raison de la vitesse prépondérante de son plateau, passe devant O situé à ce moment en face de R; l'air carburé est ainsi aspiré par la conduite J dans le cylindre.

Lorsque L a fait une demi-révolution, O n'a avancé que d'un quart de tour et n'est plus découvert ; pendant une rotation de 180°, L tourne

devant une partie pleine du distributeur N et la compression du mélange explosif s'effectue dans le cylindre; survient ensuite l'inflammation électrique. L tourne pour la troisième fois de 180°, et à la fin de cette course, les orifices occupent les positions indiquées figure 178; après quoi, L découvre P qui est alors en face de la conduite d'échappement S; il revient finalement à sa position primitive à la fin d'un quatrième parcours de 180°.

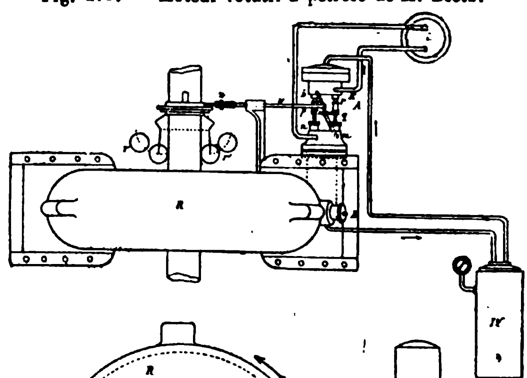
En V, se trouve un graisseur dont l'huile s'écoule par gravité, au moment où coïncident des ouvertures ménagées dans deux plateaux accolés et se rend par les tuyaux *e* (fig. 176) sur les parties à lubrifier.

L'allumage électrique est réalisé par le contact *y* (fig. 178) établi sur un prolongement du plateau U et frottant au moment voulu sur un balai *z* relié à une bobine d'induction. Le circuit inducteur se ferme lorsque *z* vient en contact de la borne isolée *g*; par *h*, se fait le retour des courants inducteurs et induits.

Le moteur alterno-rotatif Arnaud et Marot, peut marcher indifféremment avec de la vapeur ou de l'air carburé, et dans ce dernier cas, le refroidissement s'opère sans eau. Il existe deux types de grandeurs différentes. Le premier, qui ne pèse que 27 kilogrammes peut développer deux chevaux; l'autre, qui pèse 55 kilogrammes fait quatre chevaux. La puissance peut en être doublée sans inconvénient, à ce que disent les constructeurs, et ce système présente des avantages indéniables résultant de la suppression de la bielle, de la manivelle et des soupapes. Les masses en mouvement font l'effet de volant, et la machine réunit les qualités du moteur à piston et du principe de rotation directe sans avoir les inconvénients ni de l'un ni de l'autre. Il fonctionne sans bruit et sans trépidations, et ses organes, très robustes, sont indérangeables. Mais les inventeurs oublient complètement de nous édifier sur la consommation, que nous avons des raisons sérieuses de croire quelque peu exagérée, relativement aux moteurs à pistons actuellement en usage.

Moteur rotatif a pétrole André Beetz. — Les ingénieurs ont reconnu, dès son apparition, le réel mérite de ce système qui fonctionne par l'explosion d'un mélange détonant à raison de deux explosions par tour, avec compression préalable.

Fig. 179. — Moteur rotatif à pétrole de M. Beetz.



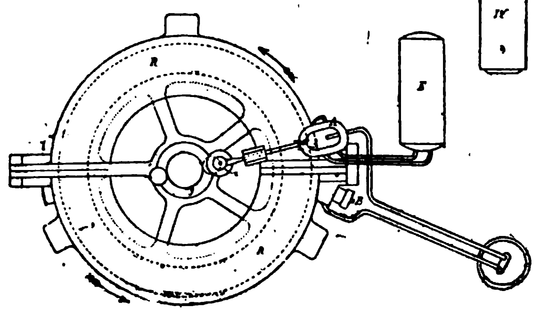


Fig. 180. — Plan.

Ce n'est pas une simple turbine à gaz tonnant fonctionnant par la force vive d'un courant; la puissance expansive de l'explosion est, en réalité, utilisée. Notre figure 179 montre ce système vu en élévation et la figure 180 une vue en plan. La boite fixe dans laquelle se produit la rotation d'une pièce calée sur l'arbre, est représentée en R. C'est un tore creux jouant le rôle de cylindre. Dans ce tore tourne un disque qui forme avec lui un espace annulaire où s'opère le travail des gaz. Il porte deux surfaces tronconiques suivant le profil intérieur du tore et une face courbe médiane opposée à celle du tore fixe.

La face médiane est en contact avec deux tiroirs obturateurs qui ne se retirent que pour le passage de deux dentures faisant corps avec le disque intérieur aux extrémités d'un même diamètre ; elles ferment la section annulaire et font office de pistons.

Sur l'un des côtés du tiroir se trouve l'admission du gaz au moyen du distributeur A, et de l'autre côté la soupape de refoulement B de l'air comprimé venant d'un réservoir W.

L'admission des gaz se fait par le distributeur A qui se compose de deux boites, dont la supérieure est renversée et superposée à la deuxième. Elles communiquent par le dessus avec le réservoir d'air comprimé.

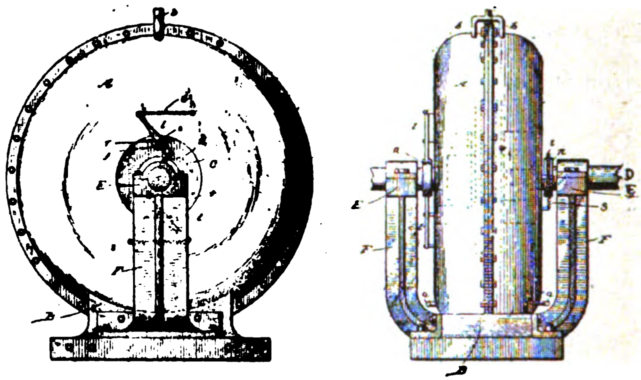
Les chapelles *r* et *m* communiquent ensemble. Les chapelles *k* et *m* communiquent la première avec l'arrivée au carburateur E, la deuxième avec le retour. Un mouvement de sonnette *p*, *q*, *r*, agit sur les tiges des soupapes en *l*, *m*, *n*, *k*. Lorsque les soupapes *k* et *n* sont ouvertes, l'admission de l'air carburé se produit ; au contraire l'air carburé pénètre seul lorsque ce sont les soupapes *l* et *m* qui sont ouvertes. Lorsque les cames *y* échappent au galet *z*, il n'y a plus aucune admission. L'allumage se fait électriquement.

Moteur rotatif Gardner-Sanderson.— Ce moteur diffère assez peu, comme aspect général, d'une turbine ordinaire. Au lieu d'utiliser la force vive d'un courant de vapeur, il fonctionne grâce à la force intermittente provenant de l'explosion d'un mélange détonant d'air et de gaz inflammable.

Son principe est simple : l'explosion se produit dans une chambre centrale d'où les gaz s'échappent en frappant normalement sur les parois de conduits recourbés placés sur la circonférence d'un volant. Ces gaz agissent par leur force d'expansion et par leur détente pour faire tourner ce volant en sens inverse de la direction des conduits.

Les figures 181 et 182 donnent la vue extérieure de la turbine, dont les figures 183 et 184 montrent la coupe.

Vue extérieure de la turbine.



Vue du mécanisme intérieur.

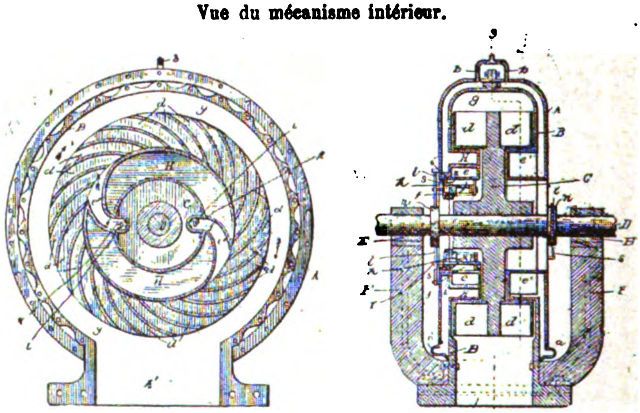


Fig. 181 à 184. — Turbine à gaz tonnant de Gardner-Sanderson.

L'extérieur est formé de deux couvercles A reliés au moyen de deux arêtes boulonnées. La pièce B est fixe et portée par le socle de la machine.

Cette pièce B s'étend sur tout le pourtour de la boîte A, et les cavités qu'on y remarque permettent une circulation d'eau de réfrigération. Cette eau entre par les orifices *b* et s'échappe en *a*.

Un volant C, de poids suffisant pour régulariser l'effet des impulsions intermittentes est porté par l'axe D. Sur sa périphérie sont fixés des conduits courbes *d* de section rectangulaire, ainsi qu'on le voit dans la figure 4. Ces conduits courbes sont ouverts à chaque extrémité.

L'une des chambres d'explosion est figurée en *f*. Elles font partie de la pièce fixe B. Les passages *e*, *e'*, qui servent aussi de chambres de combustion servent d'intermédiaires entre les chambres *f* et les conduits courbes *d*.

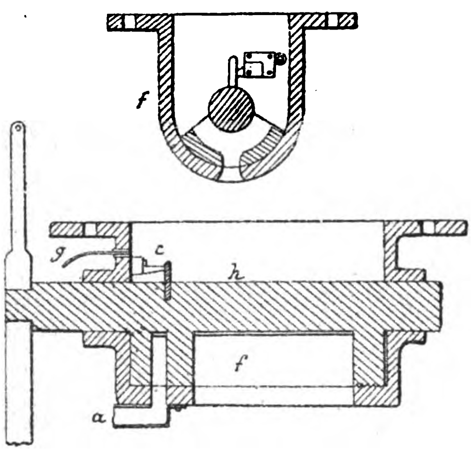


Fig. 185 et 186. — Valves oscillantes.

Des valves oscillantes *h* (fig. 185 et 186, la figure 185 représentant la section verticale agrandie d'une chambre d'explosion suivant le pointillé 186 de la figure 185) régularisent l'admission d'air et de gaz aux chambres d'explosion.

Ces valves *h* sont munies d'un contact K, relié avec une source d'électricité et destiné à produire l'étincelle qui fait détoner le mélange quand il rencontre le second contact *i*, convenablement isolé et relié par un fil à la source.

Quant au contact K, l'électricité lui est amenée par le fil *r*, relié au levier *l* que porte la valve.

En *g* se trouve le passage d'évacuation pour les produits de la combustion, en communication avec la décharge *h'*.

Les leviers *l* fixés aux valves *h* sont régis par les ressorts *s* qui tendent à tenir les valves fermées tant que les leviers ne butent pas contre les cames *n*, portées par l'axe D.

D'ailleurs, comme on le voit sur la figure 183, le mécanisme est double sur chaque face de la turbine. Mais, sur la face opposée à celle qui est représentée, les mêmes organes sont placés dans une direction perpendiculaire à celles qu'ils ont sur cette face, en sorte que, à chaque tour du volant se produiront quatre opérations identiques entre elles, et par conséquent quatre explosions.

Pour mettre la machine en mouvement, on ouvre une des valves en agissant sur un des leviers, ce qui met les ouvertures d'admission du gaz et de l'air dans la position représentée dans la figure 181, c'est-à-dire les ouvertures des valves correspondant aux ouvertures de la paroi de la chambre d'explosion. La plus grande ouverture sert à l'entrée de l'air et la plus petite à l'admission du gaz venant du carburateur par le tuyau Q.

On lâche alors le levier qui revient à la position normale grâce au ressort *s*. Dans ce mouvement les contacts *k* et *i* se rencontrent, l'étincelle se produit et le mélange fait explosion. Les gaz s'échappent alors par la seule issue offerte, c'est-à-dire les passages *e e'* et font tourner les conduits *d* dans le sens indiqué par les flèches (fig. 183).

La roue étant en mouvement, les mêmes opérations se reproduiront automatiquement grâce aux cames *n* qui agissent sur les leviers.

L'espace annulaire *g* permet un libre dégagement des gaz et empêche toute contre-pression.

On voit que, pour le fonctionnement de cette turbine, on suppose

qu'une compression extérieure fait pénétrer l'air et le gaz dans les chambres d'explosion.

Nous arrêterons là la description des moteurs à pétrole de tous systèmes, pensant en avoir assez dit pour montrer tout ce qui a été imaginé d'intéressant dans cet ordre d'idées et prouver qu'actuellement c'est ce genre de moteurs qui est le plus léger, et partant le plus généralement adopté pour les applications où il est nécessaire de réaliser avant tout une grande légèreté avec une entière sécurité et la plus grande facilité possible de manœuvre.

CHAPITRE X

LES GÉNÉRATEURS D'ÉLECTRICITÉ

LES PILES PRIMAIRES, LEUR FONCTIONNEMENT. — CLASSIFICATION.
DESCRIPTION DES MODÈLES DE PILES LÉGÈRES.
RENDEMENT, APPLICATIONS.
LES PILES SECONDAIRES OU ACCUMULATEURS, FONCTIONNEMENT
DESCRIPTION DES PRINCIPAUX SYSTÈMES

Les réactions chimiques ont été, pendant de longues années, le seul procédé connu pour développer un courant électrique intense, mais la découverte de l'électro-magnétisme et l'invention des machines dynamos qui en est découlée, a porté un coup mortel à cette méthode qui ne fournit que des résultats médiocres.

La pile chimique est un fourneau qui brûle du zinc au lieu de charbon, et si le prix de ce métal n'était pas si élevé, comparativement à celui de la houille, ce générateur serait excellent en principe, car, en effet, au point de vue de la transformation de l'énergie d'affinité chimique en énergie électrique, la pile est incomparablement plus parfaite que les moteurs à vapeur ou à gaz. Elle peut fournir 50, 60 et même jusqu'à 90 pour 100 de l'énergie de combinaison en énergie électrique utilisable. Pour développer un ampère-heure, une pile absorbe (théoriquement) 1 gr. 2133 de zinc. Si l'on représente par p la différence de potentiel moyenne, engendrée par la pile pendant son fonctionnement, la formule suivante indiquera la con-

sommation de zinc correspondant à la production d'un kilowatt-heure :

$$\frac{1^{gr},2133}{r}, \text{ et, en pratique, à cause du déchet : } \frac{1^{gr},500}{r}$$

Les générateurs chimiques d'électricité présentent deux défauts rédhibitoires dont on n'a pu, jusqu'à présent, les affranchir. Ils ne fournissent qu'un courant peu constant, sous une tension peu élevée qui oblige à multiplier les éléments et atteindre le chiffre voulu ; enfin et surtout, ce courant est hors de prix, en comparaison avec toutes les autres sources d'énergie connues, et il n'est obtenu qu'avec des manipulations fort désagréables. Toutes ces raisons suffisent à expliquer le discrédit dans lequel sont tombés ces appareils, dont les usages se restreignent aujourd'hui à la production du courant actionnant les sonnettes, téléphones, électro-médicaux, enfin aux applications de très faible importance.

En ce qui concerne spécialement la production de la force motrice, les piles primaires ont fourni des résultats souvent intéressants, car, en regard des inconvénients que nous venons d'énumérer, elles possèdent certaines qualités que les inventeurs ont su mettre à profit.

Un électricien qui a su tirer le meilleur parti de ce principe de génération du courant, est M. Trouvé, qui a combiné un modèle de pile avec lequel il a pu actionner des moteurs de plusieurs chevaux pour la navigation et la locomotion. Nous rappellerons quelle est la disposition adoptée par M. Trouvé pour obtenir le résultat le plus satisfaisant de ce genre d'appareils.

La batterie à treuil Trouvé se compose de six éléments de forme rectangulaire, disposés côte à côte dans une caisse en chêne (fig. 187). Les plaques de zinc et de charbon de cornue constituant les électrodes, sont rendues mobiles dans le sens vertical au moyen d'un treuil à manivelle muni d'un crochet et d'un cliquet d'arrêt. Le poids d'une batterie est de $20^k,500$ à vide, et avec sa charge de liquide

excitateur (12 litres environ), de 33^{k},500. Ce liquide est composé comme suit :

Bichromate de potasse ou de soude pulvérisée . .	1.200 grammes
Acide sulfurique à 66° Baumé	3.600 —
Eau	8 litres

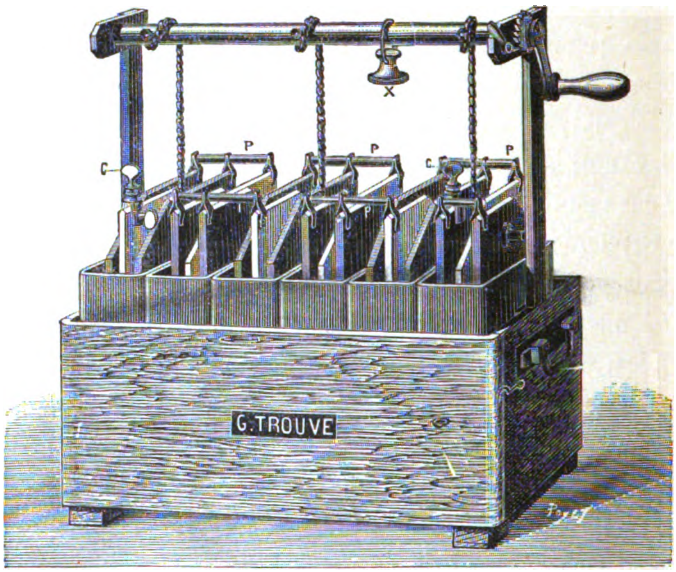


Fig. 187. — Batterie de bichromate, système Trouvé.

Cette solution est donc sursaturée, puisqu'elle renferme 150 grammes de bichromate de potasse par litre d'eau et 450 grammes d'acide sulfurique. La décharge de la batterie s'effectue en deux phases, ainsi que M. Hospitalier l'a mesurée.

Première phase. — Débit maintenu constant à 8 ampères pendant quatre heures un quart.

Deuxième phase. — Débit régulièrement décroissant de 8 à 5 ampères pendant une heure et vingt-cinq minutes.

1° *Phase constante*

Différence de potentiel aux bornes des lampes (1) .	14,15 volts
Différence de potentiel aux bornes des batteries. .	16,70 —
Intensité du courant	8 ampères
Débit, par seconde, dans le circuit extérieur . . .	133 watts
Débit, par seconde, dans le circuit extérieur . . .	13,5 kilogrammèt.
Durée de la phase constante	15.300 secondes
Quantité d'électricité fournie	122.400 coulombs
Energie disponible dans le circuit extérieur . . .	206.550 kilogrammèt.

2° *Phase décroissante*

Pendant cette seconde phase, le courant moyen a été de 6,55 ampères pendant une heure vingt-cinq minutes ou 5.100 secondes et l'énergie électrique moyenne disponible dans le circuit extérieur de 9 kilogrammètres par seconde.

Travail total

Lorsqu'on totalise les deux phases qui représentent le débit réel dans les conditions de l'expérience, on trouve les résultats suivants :

Quantité totale d'électricité fournie	456.900.00 coulombs
Energie totale disponible	253.350.00 kilogrammèt.

Le cheval-heure étant égal à 270.000 kilogrammètres, ces chiffres montrent que les deux batteries ont fourni ensemble 0,96 de cheval-heure, soit sensiblement un demi-cheval-heure par batterie de 6 éléments.

Les zincs pesés avant et après l'expérience ont indiqué une consommation de 751 grammes pour la première batterie et 712 grammes pour la seconde, soit un total de 1.463 grammes, ou 122 grammes par élément. Ces chiffres montrent qu'avec 12 éléments au bichromate, de 20 centimètres de haut, on dispose d'une énergie totale de

(1) Avec deux batteries de 6 éléments couplés en tension.

1 cheval-heure (736 watts-heure) sous un poids de 67 kilogrammes, à condition d'employer comme liquide excitateur la formule de Trouvé.

Il est possible, hâtons-nous de le dire, de réduire encore ce poids pour les applications exigeant une très grande légèreté, comme pour les expériences de navigation aérienne, par exemple. La réduction ne peut porter que sur la constitution des éléments car, on le conçoit, la quantité d'énergie disponible est toujours proportionnelle au poids de matières actives dépensées. Dans le système que nous venons de décrire, la consommation par cheval-heure s'élève à 27^{k},500, pour le liquide excitateur et le zinc, la décharge de la pile s'effectuant en six heures. En faisant usage de charbons minces comme électrodes positives, d'auges en ébonite légères et d'accessoires réduits, le poids à vide peut être ramené à 10^{k},500 par batterie, ce qui permet d'obtenir le cheval-vapeur pendant six heures sous le poids de 165 kilogrammes, soit 31 kilogrammes par cheval-heure.

Quand la décharge d'une pile au bichromate est terminée, le liquide excitateur est absolument épuisé ; le bichromate est transformé en oxyde de chrome et l'acide, combiné au zinc, en sulfate de zinc. La durée de cette décharge est donc proportionnelle au débit demandé à la pile et à la quantité de matières actives (oxygène de l'acide et zinc) mises en présence, et le débit va ordinairement en s'affaiblissant graduellement, en raison de la polarisation presque inévitable qui se produit pendant le fonctionnement. Pour éviter cette polarisation et assurer la constance invariable du courant, beaucoup d'inventeurs ont songé à ne mettre que successivement en contact les substances actives, en faisant circuler le liquide excitateur, provenant d'un réservoir, dans tous les éléments de la batterie. Cette circulation était opérée, soit en disposant les éléments en cascade, l'un au-dessous de l'autre (Camacho, Hospitalier, Chutaux, Mau-

duit, etc.) soit en faisant usage de siphons multiples, comme Cloris-Baudet.

Dans la pile Lagarde, la couronne des zincs et des charbons composant les éléments de la batterie, est attachée à l'extrémité d'un long fléau de fer équilibré, que l'on peut faire basculer autour de son pivot en agissant sur un mouvement de renvoi. La cuve où plongent les électrodes, lesquelles mesurent 25 centimètres de haut sur 13 centimètres de large, est divisée en autant de compartiments qu'il y a de paires d'électrodes, et chacun de ces compartiments est muni d'un siphon qui extrait le liquide épuisé et le rejette au dehors. Le liquide neuf, contenu dans un récipient placé à un niveau supérieur, est conduit aux compartiments par un distributeur avec tuyauterie en plomb.

Un autre inventeur, M. Kornfeld, est parvenu à réduire également son modèle de pile au minimum de poids et d'encombrement. Les vases des éléments sont en charbon cuivré extérieurement, et des lames de zinc amalgamé, assemblées parallèlement sur un châssis en recevant quarante, descendent dans ces vases entre des coulisseaux maintenant leur écartement. Le liquide excitateur est distribué par une série de tuyaux d'alimentation et d'évacuation dont le débit est réglé à l'aide de robinets. La batterie de 40 éléments, développant un travail de 1 cheval, soit 736 watts, au débit de 9 ampères, n'occupe qu'une surface de 90 centimètres carrés et ne pèse que 60 kilogrammes environ. La quantité de liquide à dépenser par heure pour entretenir la production d'électricité est de 26 à 28 litres.

Dans la pile Marc et Besnier, le zinc est utilisé sous forme de grenaille, noyée dans un bain de mercure, comme cela a lieu dans la « pile constante » de Radiguet. Le liquide excitateur est débité goutte à goutte par un distributeur automatique ; il traverse les éléments de haut on bas et s'échappe par un trop-plein placé à la partie infé-

rieure. La quantité d'électricité produite est proportionnelle à la surface des zincs et à la rapidité de la circulation.

Piles a acide chromique. — Ce genre de piles rentre presque dans la classe des piles à bichromate à liquide unique, la seule chose les différenciant entre elles consistant simplement dans l'emploi de l'acide chromique libre, qui est le principe actif du bichromate de potasse. Le plus remarquable modèle connu est celui imaginé par le commandant Renard pour servir de générateur de force au ballon dirigeable électrique expérimenté en 1883. C'est une pile chlorochromique, le liquide étant une dissolution d'acide chromique dans un mélange d'acide sulfurique et chlorhydrique de densité 1.083. L'électrode positive est un tube fondu, en argent platiné de un dixième de millimètre d'épaisseur, et le zinc est un simple crayon non amalgamé, placé dans l'axe de ce cylindre. Le liquide, à la fois excitateur et dépolarisant, est contenu dans des tubes de verre dont la hauteur est 10 fois le diamètre, de façon à présenter une surface considérable de refroidissement. Les batteries sont composées d'un certain nombre d'éléments couplés en quantité. Dans le ballon, la *France*, chaque élément était formé de six tubes assemblés en surface : les tubes avaient 40 millimètres de diamètre. Un tel élément pouvait donner 120 ampères avec un potentiel utile de 1,2 volt.

Grâce à l'emploi du liquide chlorochromique, la pile Renard peut fournir une puissance supérieure à celle de toute autre pile : au potentiel normal de 1,2 volt, on l'estime à 25 ampères par décimètre carré de zinc. Deux éléments semi-tubulaires en tension produisent l'incandescence blanche d'un tube de platine de 5 millimètres de diamètre et 1/2 millimètre d'épaisseur, ce qui répond à 150 ampères par 1,8 volt ; ce groupe pèse 10 kilogrammes. Une pile de 48 kilogrammes donne un cheval, 736 watts, pendant deux heures.

La stabilité du liquide permet de le conserver quelques jours ; mais

il se produit alors un dégagement de chlore. On l'atténue en substituant, équivalent à équivalent, l'acide sulfurique par l'acide chlorhydrique; la capacité spécifique du liquide n'est pas sensiblement diminuée. Le débit est ralenti et la durée de la décharge peut atteindre 6 ou 8 heures. La solution qui donne le maximum d'effet par unité de poids, contient l'acide sulfurique et l'acide chlorhydrique à équivalents égaux. Dans les modèles industriels construits par M. Aron d'abord, par Roy et Hottot ensuite, l'électrode d'argent, trop coûteuse et se dissolvant à la longue, dans le liquide, était remplacée par un tube en charbon moulé.

A l'exposition de la Société de physique de 1891, M. Renard avait exhibé différents modèles, notamment une batterie de 36 éléments de 3 centimètres de diamètre, pesant 15 kilogrammes et débitant 250 watts par seconde pendant 2 h. 15, et une autre batterie, également de 36 éléments de 2 centimètres de diamètre, ne pesant que 6 kilogrammes et développant 150 watts pendant 1 h. 30.

Il est donc prouvé que la pile chlorochromique, qui pèse à vide 9k,500, peut développer un travail égal à 1 cheval-vapeur avec une consommation de 15 litres de liquide excitateur par heure. Le poids par cheval-heure (736 watts-heure) est donc de 25 kilogrammes, par conséquent notablement inférieur à celui de la pile au bichromate ordinaire.

Pile Million. — Ce système, qui a été appliqué plus particulièrement à l'éclairage présente également l'avantage d'un grand débit sous un poids et un volume restreints. C'est encore une pile au bichromate se composant, en allant du centre à l'extérieur, d'un vase poreux annulaire contenant de l'eau acidulée sulfurique, dans laquelle plonge un zinc amalgamé formant le pôle négatif. Ce vase est entouré d'une couronne de crayons de charbon aggloméré soudés en haut et en bas sur deux anneaux en plomb. Ces crayons, qui offrent une

très grande surface dépolarisante, constituent le pôle positif. La partie centrale du vase poreux annulaire est occupée par une petite couronne composée de la même manière, réunie par une tige de cuivre à la couronne extérieure, et dont le but est de faire travailler utilement le zinc sur ses deux faces. Le tout est renfermé dans un vase extérieur en verre et en ébonite, et plonge dans une solution concentrée de bichromate de soude dans l'eau acidulée à 20 degrés Baumé.

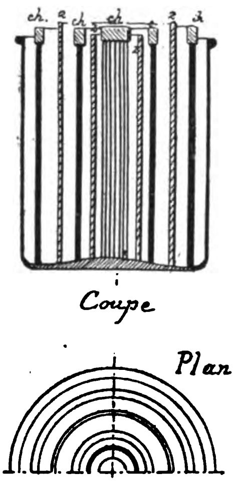


Fig. 188 et 189
Coupe de la pile Million.

Un élément ainsi constitué a une capacité de 160 à 180 ampères-heure avec des débits variables à volonté mais très grands si on les compare aux autres systèmes dont le régime de décharge est ordinairement restreint.

Par l'effet de la séparation des liquides, la polarisation si gênante à tous les points de vue, est supprimée, de même le *coup de fouet*, qui se produit au moment de la fermeture du circuit. La force motrice qui est de 2 volts 2 en circuit ouvert, s'abaisse à 1 volt 5 au débit des 25 ampères. On peut évaluer à 170 kilogrammes le poids total d'une batterie capable de développer en régime normal, au débit ci-dessus, 736 watts-heure. La durée de la décharge étant de 5 heures, la pile Million pèse donc environ 33 kilogrammes par cheval-heure.

Nous pourrions encore décrire un grand nombre de systèmes analogues, employant la réaction classique de l'acide sulfochromique sur le zinc, tels que ceux de Radiguet, de Grenet, de Goldner-Jarriant, Schanschieff, Besnier, Gendron, Arnould, Sappey, etc., etc., mais ce serait allonger inutilement ce chapitre, car ces piles ne présentent aucune particularité intéressante, leur poids est supérieur aux précédentes et elles sont pour la plupart complètement tombées en désué-

tude. Nous ne dirons donc plus qu'un mot sur un générateur dont il n'a pas encore été question, la pile à acide azotique, avant d'arriver aux accumulateurs.

Pile Bunsen. — C'est le chimiste Grove qui, en 1839, a fait connaître la réaction sur laquelle le fonctionnement de cette pile est basé. L'hydrogène mis en liberté pendant la marche, vient réduire l'acide azotique renfermé dans un vase poreux et le changer en bioxyde d'azote, lequel, au contact de l'air, se transforme en acide hypoazotique; il y a également production d'acide azoteux et d'ammoniaque.

La pile dite de Bunsen, du nom du savant allemand qui la vulgarisa, a été composée sous sa forme actuelle par le physicien français Archereau, et elle se compose de quatre pièces s'emboîtant excentriquement l'une dans l'autre : 1° un cylindre de charbon de cornue formant le pôle positif et dressé dans 2° un vase poreux rempli d'acide azotique concentré ; 3° un cylindre de zinc amalgamé entourant le vase poreux, et 4° un récipient en verre, grès, ébonite, etc., renfermant le tout. Des pinces spéciales servent de connexions et de prises de courant sur le zinc et le charbon.

L'électricien Ruhmkorff avait construit, en 1872, des éléments Bunsen de forme plate qui furent employés pour la propulsion d'un canot, mais, de même que Jacobi sur la Néva, l'habile constructeur de la bobine d'induction qui porte son nom, dut renoncer à ce principe chimique à cause des vapeurs hypoazotiques dégagées et qui rendaient impraticable l'usage d'un nombre d'éléments un peu considérable.

A la suite de nos recherches personnelles sur la locomotion automobile routière, nous fûmes conduit à essayer la pile Bunsen, pour remplacer les piles chromiques primitivement employées, et dont le courant était d'un prix exagéré.

Voici les résultats qui ont été atteints (1).

La forme donnée au récipient extérieur fut celle du cylindre. Comme le montre la coupe, figures 190 et 191, le vase poreux E était au centre; il était entouré d'un zinc amalgamé E baignant dans de l'eau

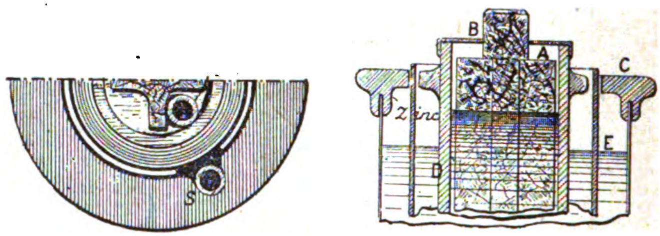


Fig. 190 et 191. — Coupe de la pile azotique à siphons.

acidulée sulfurique à 12° B. Un charbon cannelé A plongeait dans l'acide azotique remplissant le vase poreux, et formait le pôle positif. Pour éviter le dégagement des vapeurs suffocantes de l'acide hypo-azotique, l'acide des vases poreux était additionné de 1/5 en volume d'urée ou d'acide chromique, et les vases étaient hermétiquement bouchés avec un tampon B et un couvercle C.

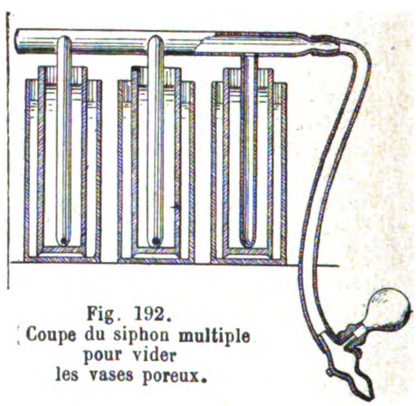


Fig. 192.
Coupe du siphon multiple
pour vider
les vases poreux.

Pour supprimer toutes manipulations d'acides, remplir et vider les éléments sans les déranger, une tuyauterie particulière, en ébonite,

(1) *La lumière électrique* 1892, page 128.

était disposée au-dessus de la batterie et desservait, d'une part tous les vases poreux (fig. 192), d'autre part tous les récipients extérieurs. La quantité de liquide nécessaire pour remplir tous les éléments est versée dans un réservoir de capacité déterminée et par l'intermédiaire d'un collecteur et de la tuyauterie, ce liquide s'écoule dans tous les vases. Pour la vidange des acides épuisés, le collecteur étant pourvu d'un tuyau et d'une poire en caoutchouc souple, on fait le vide en aspirant l'air dans la tuyauterie à l'aide de la poire; le liquide monte dans les tubes une fois ce siphon à branches multiples amorcé, et l'on évacue ainsi tout le contenu des vases sans avoir à les manipuler séparément.

Un élément pesait vide 1.250 grammes avec un zinc de 400 grammes; il pouvait recevoir 250 grammes d'acide azotique à 36° B. et 500 grammes d'eau acidulée, soit au total en charge, 2 kilogrammes. Ainsi qu'il résulte des essais faits à la Société Gramme, en septembre 1893, sous la direction de M. Javaux, cet élément pouvait débiter 5 à 7 ampères, sous une tension de 1,5 volt, soit 9 watts pendant 10 heures, à la condition de changer l'eau acidulée surchargée de sulfate de zinc, après 6 heures de marche. La capacité de la pile était donc de 90 watts-heure, et la consommation de zinc de 1,35 gr. par ampère-heure produit.

Il résulte de ces chiffres que 82 éléments pesant 200 kilogrammes (le changement d'eau acidulée compris) pouvaient développer 736 watts pendant 10 heures consécutives, ce qui donne un poids de 20 kilogrammes par cheval-heure, poids inférieur à tout ce qui avait été obtenu jusqu'alors. Le prix du courant était également moins élevé qu'avec le bichromate ou l'acide chromique, car il ne dépassait pas 2 francs par cheval-heure.

Les accumulateurs. — Les générateurs chimiques d'électricité étant inapplicables, dans la plupart des circonstances, en raison du

prix élevé auquel revient la fourniture du courant, on a songé à les remplacer par un simple réservoir, dans lequel l'énergie est emmagasinée sous forme de travail chimique récupérable. On peut alors songer à fabriquer l'électricité par les procédés les plus économiques, c'est-à-dire au moyen de dynamos actionnées par machines à vapeur, à gaz ou hydrauliques. Le moteur électrique n'est plus alors qu'un moteur secondaire, tirant sa force d'un premier moteur indispensable pour transformer la chaleur ou la force vive de l'eau en électricité, et il devient l'esclave de ce moteur primaire qui lui prête l'existence.

La force motrice électrique par accumulateurs présente donc, à côté d'incontestables qualités, de sérieux inconvénients, inhérents au principe même sur lequel l'accumulateur est basé, et qui le rend constamment dépendant de la section de distribution où s'effectue l'approvisionnement.

Pour en revenir à ce que nous disions en commençant, ce n'est pas de l'électricité que l'on accumule dans ces appareils, mais bien un travail chimique que l'on produit et dont l'importance est en raison de la quantité de matière transformée. Ainsi, lorsqu'on fait passer un courant électrique dans les lames de plomb plongeant dans de l'eau acidulée, ce métal est réduit par le phénomène de l'électrolyse, et une petite partie de la surface de la plaque positive se transforme en peroxyde, tandis que la négative se change en plomb spongieux. Si on réunit alors les deux plaques par un fil de cuivre, on remarque que ce conducteur est traversé par un courant électrique qui dure tout le temps pendant lequel les plaques mettent à revenir à leur état primitif et à libérer l'électricité qu'elles ont absorbée sous forme de travail chimique.

Telle est la théorie sur laquelle est fondée l'accumulateur, et c'est M. Gaston Planté qui a le premier montré qu'en employant des lames de plomb, on obtenait les effets de polarisation les plus considé-

rables : il eut l'idée d'utiliser cette propriété pour réaliser un accumulateur d'énergie électrique; c'est de lui que vient le nom et la chose.

Dans les types ordinaires d'accumulateurs, on compte généralement sur une capacité de 6 ampères-heure par kilogramme de plaques. La différence de potentiel entre deux électrodes étant de 2 volts en moyenne pendant la décharge, il en résulte que 1 kilogramme de plaques est susceptible de fournir 12 watts-heure. Une batterie pouvant développer un *cheval-heure* (736 watts-heure) exige donc un poids de plaques de :

$\frac{736}{12} =$ 61 kilogrammes, et, avec le liquide et les bacs = 100 kilogrammes.

Ce poids est d'autant plus exorbitant qu'il est facile de calculer la quantité théorique de plomb nécessaire pour emmagasiner l'énergie électrique correspondant à 1 cheval-heure, soit 368 ampères-heure à la tension de 2 volts. Or, un courant ayant une intensité de 1 ampère, traversant un bain pendant une heure, électrolyse 3 gr.,858 de plomb. La quantité de plomb intéressée sur chaque électrode par un courant d'un ampère-heure d'intensité sera donc de 3 gr.,850, et, par suite, de 8 gr.,716 pour deux plaques. Pour obtenir théoriquement 736 watts-heure, il faut donc :

$$7.716 \times 368 = 2^{k},840.$$

de plomb, soit environ 3 kilogrammes en tenant compte de l'oxydation de la plaque positive. Ainsi donc c'est seulement le vingtième du poids du plomb qui est intéressé dans l'action chimique, observation qui a été faite par Planté, Reynier et Faure, et qui démontre que le rendement des accumulateurs est réellement inférieur au point de vue de l'utilisation des matériaux qui les composent. On peut donc espérer qu'il existe des moyens d'améliorer ces conditions défectueuses, et c'est ce à quoi tendent, comme nous le verrons plus loin,

les efforts des constructeurs actuels. Reconnaissons que des améliorations ont été apportées aux appareils électriques, qui ont pu subir, par suite, une réduction notable de poids et de volume. Une comparaison entre les modèles de 1881 et ceux de 1897 permettra de se rendre compte de ces progrès. En 1881, l'accumulateur Faure, composé d'électrodes en plomb recouvert d'oxyde, contenait, sous un poids de 45 kilogrammes, une quantité d'énergie égale à 172 ampères-heure, soit 320 watts-heure, avec un débit moyen de 16 ampères. Pour emmagasiner un cheval, la durée de décharge, au régime de 16 ampères étant de 11 heures, il eût fallu 21 éléments pesant 940 kilogrammes. Soit 85 kilogrammes par cheval-heure (736 watts-heure).

En 1889, les accumulateurs genre Faure-Sellon-Volckmar à pastilles rapportées, tels que les types de la Société du Travail Electrique des métaux, de Julien et de Dujardin, employés pour la traction des tramways, restituaient de 15 à 18 watts-heure par kilogramme de plaques, et 3 watts par kilogramme et 10 à 12 watts-heure au kilogramme avec un régime de 5 watts au kilogramme. Déjà un progrès était réalisé, puisqu'on obtenait le cheval sous 500 kilogrammes, et le cheval-heure sous 60 kilogrammes, la durée de décharge étant de huit heures.

En 1897, les derniers types d'accumulateurs légers à électrodes indéformables par gaine souple en celluloïd, donnaient les résultats suivants :

Au régime de 5 watts au kilogramme la capacité est de 25 watts-heure par kilogramme; elle est encore de 20 watts-heure au régime de 10 watts, soit 5 ampères de débit par kilogramme de plaques. La durée de la décharge de la batterie étant réduite à 4 heures, on voit que ces accumulateurs permettent d'emmagasiner une provision d'énergie de un cheval pendant quatre heures sous le poids de 150 kilogrammes soit 37 kilogrammes par cheval-heure. Et cet appareil possède, en

outre, une solidité et une élasticité remarquables. Ainsi le type C (Fulmen) du poids de 7 kg.,600 peut débiter dans un cas exceptionnel 100 ampères avec une force électromotrice de 1,8 volt, soit 24 watts par kilogramme sans être mis instantanément hors de service ainsi qu'on pourrait le croire. Évidemment, un débit aussi fort ne peut guère améliorer les éléments, mais ils résistent encore une centaine d'heures à ce régime élevé.

Au concours des fiacres de 1898, plusieurs véhicules concurrents employaient des Fulmen et nous verrons plus loin les résultats qui ont été obtenus.

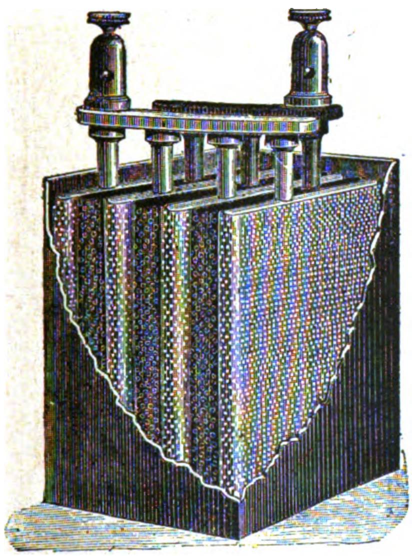


Fig. 193. — Accumulateur à gaines de celluloïd de Donato Tommasi (Premier modèle du *Fulmen*).

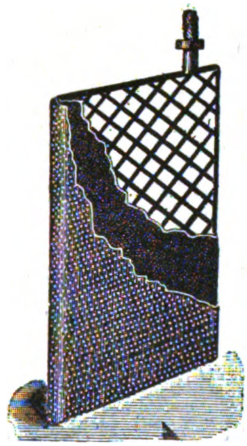


Fig. 194. — Grille de prise de courant et gaine.

Pour toutes les applications, où une grande légèreté est de rigueur, les accumulateurs doivent posséder les qualités primordiales suivantes : 1° grande *puissance spécifique* (watts par kilogramme de poids total); 2° grande *énergie spécifique* (watts-heure par kilogramme de poids total), de manière à réduire autant que possible le poids mort représenté par la batterie.

Un accumulateur peut rendre environ 90 % de la quantité d'électricité qu'on lui a fournie pendant la charge, à la condition toutefois que le courant de décharge ne dépasse pas une certaine valeur par centimètre carré de plaque. Si l'on forçait le débit, le rendement serait beaucoup moins bon. Au point de vue de l'énergie disponible il n'en est plus de même, car les 90 % d'électricité restituée sont fournis à un potentiel plus bas que celui nécessaire à la charge, de telle sorte que le rendement ne dépasse jamais 75 à 80 % en énergie.

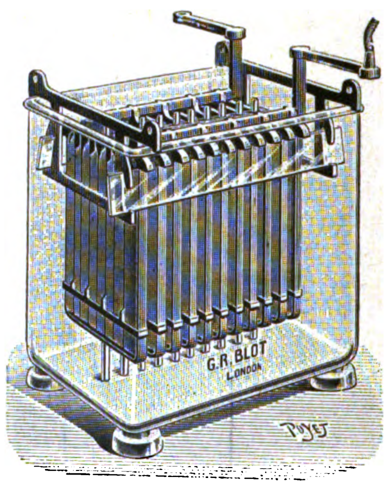


Fig. 195. — Accumulateur *à navettes* de Blot (modèle 1898).

Cette perte de 20 % a déjà une certaine importance, surtout si l'on considère que le moteur électrique n'a pas un rendement supérieur à 80 %, ce qui ramène le rendement de l'ensemble à 60 % au maximum de l'énergie fournie par la dynamo destinée à la charge des accumulateurs. Si l'on multiplie encore ce rendement de 60 % par le rendement de la dynamo que nous supposerons de 90 %, on trouvera que le travail recueilli en définitive sur l'arbre du moteur-dynamo, n'est plus que les 50/100 du travail dépensé par le moteur primaire lors de la charge de la batterie. La perte est importante,

mais ce n'est pas ce rendement inférieur qui constitue le plus grand défaut de l'accumulateur; c'est son poids qui limite forcément son emploi, lorsque le fonctionnement du moteur doit être assuré sans arrêt pendant une durée un peu prolongée.

Les accumulateurs qui ont été utilisés pour la production de la force motrice, dérivent presque tous du type Faure, à *formation artificielle*, où les électrodes, sont empâtées d'oxydes de plomb, minium et litharge, ces oxydes étant supportés par une plaque de profil variable, suivant les constructeurs. On sait qu'il existe une très grande variété de modèles d'accumulateurs; la liste suivante renferme les noms les plus connus :

ACCUMULATEURS A FORMATION NATURELLE :

Planté	Peyrusson	Société Travail électrique des métaux
Reynier	Dujardin	Tudor
Blot	de Montaud	

ACCUMULATEURS A FORMATION ARTIFICIELLE :

Faure-Sellon-Wolckmar	Gadot	Fulmen
Julien	Pisca	Patin
Philippart	Mouterde	Garcin et Schivre
Verdier	Société Suisse	Accumulateurs au zinc

Les accumulateurs Dujardin ont été employés par M. Pouchain d'Armentières pour un phaéton automobile, les modèles du *Travail électrique des métaux* (système Laurent Cély), de Tudor, de Faure-Sellon-Wolckmar, de la Société Suisse, ont été employés à la traction des tramways. Enfin, les Fulmen, les Patin et les Julien ont fait leurs preuves pour les fiacres automobiles urbains.

Il serait fastidieux de donner la description détaillée de tous ces modèles qui ne diffèrent en somme que par certains détails de fabrication. On trouvera d'ailleurs à l'appendice des tableaux résumant les conditions d'établissement des principaux types, ce qui permettra de les comparer entre eux. Nous nous bornerons à indiquer, d'après

M. Hospitalier, les chiffres qu'il a relevé sur les accumulateurs Fulmen, qui sont actuellement les plus légers existant dans le commerce avec ceux de M. Patin.

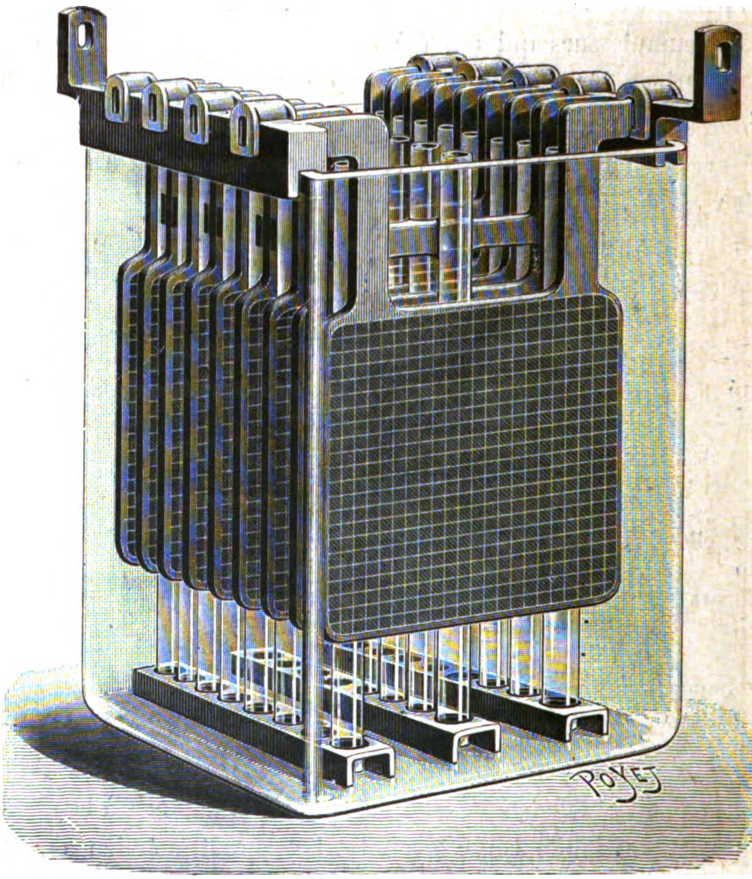


Fig. 196. — Accumulateur Fauro-Sellon-Wolckmar, modèle pour la traction.

« Le type que nous avons pu expérimenter complètement, au laboratoire de l'École de physique et chimie, grâce à la complaisance de M. Brault, directeur de la Société *Fulmen*, dit M. Hospitalier, ce type est destiné spécialement aux automobiles, il est désigné par le

symbole B 13. L'élément comporte 13 plaques, 6 positives et 7 négatives. Les plaques rectangulaires ont 18,5 centimètres de hauteur, 9,5 de largeur et 4 millimètres d'épaisseur. Elles forment un quadrillage à 24 alvéoles rectangulaires, dans lesquelles se trouve logée la matière active, des lames minces de celluloïd perforé empêchent les plaques de venir au contact.

Les plaques *humides*, coupées au ras de l'attache, nous ont donné les poids respectifs suivants de grillage et de matière active (en grammes) :

	Plaque positive	Plaque négative
Grillage	135	135
Matière active	340	255
Poids total	475	390

La surface de chaque plaque est de 1,75 décimètre carré, ce qui correspond à 21 décimètres carrés de surface totale pour les douze faces des six plaques positives.

Le bac en celluloïd et les séparations des plaques pèsent 600 gr.

Le poids total de l'élément complet avec le liquide est 7,5 kilogrammes.

M. Brault considère comme régime normal de décharge un courant de 21 ampères correspondant à une décharge *continue* en 5 heures, soit une densité de courant de 1 ampère par décimètre carré de surface de plaque positive, mais l'accumulateur peut toutefois, aux dépens de sa capacité, fournir jusqu'à 50 ampères en décharge continue, et jusqu'à 100 ampères en décharge interrompue, pour un coup de collier, par exemple.

A la décharge normale en cinq heures, la différence de potentiel utile moyenne de l'élément est de 1,9 volt et la capacité de 105 ampères-heure. Chaque élément de 7,5 kilogrammes débite, au régime normal, 40 watts utiles, et renferme une énergie disponible égale à 200 watts-heure.

Les constantes spécifiques de l'élément sont donc les suivantes, rapportées au poids *total* :

Débit spécifique, en ampères par kilogramme	3
Puissance utile spécifique, en watts par kilogramme . .	5,3
Capacité spécifique, en ampères-heure par kilogramme .	146
Energie utile spécifique, en watts-heure par kilogramme .	26
Poids spécifique, en kilogrammes par kilowatt. . . .	190
Poids spécifique, en kilogrammes par kilowatt-heure. .	37,5

Au régime de 5 watts par kilogramme l'accumulateur Fulmen renferme donc plus de 25 watts-heure par kilogramme. Ces deux chiffres suffisent pour calculer le poids d'accumulateurs nécessaire pour actionner une automobile d'un poids total donné à une vitesse donnée sur un terrain donné, connaissant le rendement du moteur et de la transmission, ainsi que le chemin à parcourir entre deux charges successives.

Si l'on double le régime de décharge spécifique continue, et qu'on le porte à 10 watts par kilogramme, l'énergie spécifique s'abaisse à 20 watts-heure par kilogramme. S'il ne faut plus que 100 kilogrammes d'accumulateurs pour produire 1 kilowatt, il en faut par contre 50 kilogrammes (au lieu de 40) pour emmagasiner 1 kilowatt-heure.

Si, au contraire, on réduit de moitié le régime spécifique de décharge continue, l'énergie spécifique disponible augmente et atteint 30 watts-heure par kilogramme.

Il convient donc de ne pas perdre de vue, en calculant le poids d'une batterie, que l'on perd en énergie ce que l'on gagne en puissance, et inversement, et que les accumulateurs se conservent d'autant mieux qu'on les soumet à des régimes de décharge plus modérés.

Dans l'application spéciale aux accumobiles, la décharge n'est pas continue, mais, au contraire, extrêmement variable, et coupée d'in-

tervalles de repos favorables à la diffusion également favorisée par l'agitation des éléments pendant la marche. Les chiffres indiqués pour le régime normal peuvent donc être acceptés comme représentant l'énergie réellement disponible, malgré les variations du débit.

En ce qui concerne la durée des éléments, nous ne pouvons donner aucun chiffre, car les conditions dans lesquelles fonctionnent les accumulateurs au laboratoire ou sur la route sont trop différentes. Les exploitations d'accumobiles ne tarderont pas à nous renseigner sur ce point important.

Accumulateurs Lamina. — Certains constructeurs, comme MM. Bouquet, Garcin et Schivre, et M. Patin, emploient des accumulateurs qui leur sont particuliers. La plupart des autres utilisent des types qui sont dans le commerce, notamment les systèmes Faure-King, Bristol, Lamina, et surtout le système Fulmen. Ce dernier est, tout au moins en France, de beaucoup le plus employé. Avant de le décrire, nous dirons quelques mots de l'accumulateur Lamina, employé dans la voiture anglaise de M. Elieson, et qui diffère assez notablement du type Fulmen.

Cet accumulateur, du type Planté, a ses plaques formées chacune d'une série de feuilles de plomb perforées et gaufrées, et les gaufrages sont alternativement horizontaux et verticaux ; cette disposition assure aux plaques une grande surface et à l'acide une libre circulation. Les plaques sont enveloppées dans une gaine en plomb perforé, qui, pendant la formation, a été préservée de l'action électrolytique. L'inventeur affirme que cette gaine maintient très bien la matière active, et que l'accumulateur peut sans détérioration être mis en court-circuit ; ce dernier avantage serait précieux, s'il était bien confirmé. Le type de $0^m,175$ de longueur, $0^m,10$ d'épaisseur, $0^m,325$ de hauteur, fournissant 100 ampères-heure au régime de 20 ampères et 120 ampères-heure au régime de 10 ampères, pèse

$12^k,23$. A ce taux, une batterie de 40 éléments renfermant 8 kilowatts-heure disponibles, pèse 500 kilogrammes. Cela fait ressortir à 62 kilogrammes le poids du kilowatt-heure, au débit de 3 à 3,5 watts par kilogramme : la légèreté de l'accumulateur est assez médiocre, surtout comparée à celle du type Fulmen.

ACCUMULATEURS PATIN. — Les chiffres donnés par M. Hospitalier au sujet de l'accumulateur Fulmen montrent que ce système peut emmagasiner une quantité d'énergie équivalent à un cheval (736 watts) sous un poids total de 135 kilogrammes. La durée normale de la décharge étant de 5 heures, le poids du matériel par cheval-heure ressort à 27 kilogrammes. Ce poids, qui paraissait constituer un minimum a cependant encore été considérablement réduit dans un modèle d'accumulateur de construction plus récente imaginé par un électricien de très grand mérite : M. Patin.

Ce système, qui a été appliqué à la mise en marche d'une *accumobile* (voiture électrique), réalise un progrès considérable sur tous ceux qui l'ont précédé. D'après M. Patin, ces nouveaux accumulateurs seraient capables de développer un travail de un cheval sous un poids de 200 kilogrammes. La durée de décharge étant de 10 heures, le cheval-heure serait obtenu sous un poids inférieur à 20 kilogrammes. L'énergie spécifique atteint, en effet, 40 watts-heure par kilogramme, comme il appert des essais prolongés auxquels les éléments ont été soumis. Il résulte de cet allégement remarquable, que l'on peut assurer un fonctionnement prolongé et sans arrêt, ce qui, pour l'automobile notamment, étend le rayon de circulation et évite des rechargements trop fréquents. Le poids mort à remorquer est également réduit en proportion ; une partie importante de la force développée par le moteur n'est plus dépensée en pure perte rien que pour traîner les accumulateurs; enfin cette amélioration permet à l'électricité d'entrer en concurrence efficace avec les autres procédés de traction ou de force motrice.

Accumulateurs B. G. S. — La question des accumulateurs est étudiée un peu partout aujourd'hui, et on peut croire que le maximum de légèreté n'est pas encore atteint.

L'Exposition de l'Automobile, à côté des fiacres ayant pris part au concours, et qui employaient les « Fulmen » que nous avons décrits plus haut, nous montrait la voiture Patin avec accumulateurs d'une capacité de 40 watts-heure au kilogramme et le dog-cart léger pour les longs parcours, construit par MM. Bouquet, Garcin et Schivre. Dans ce dernier système, les accumulateurs présentent, aux régimes de décharge de 3 à 4 ampères par kilogramme de plaques, une capacité de 22 à 25 ampères-heure au kilogramme, soit 45 à 50 watts-heure d'énergie spécifique ce qui correspond à 15 kilogrammes environ par cheval-heure emmagasiné. D'après les inventeurs, une charge permet d'assurer 130 kilomètres, suivant le profil et l'état de la route, tandis que les voitures munies de « Fulmen » ne peuvent guère dépasser 60 à 80 kilomètres sans recharge, à moins d'un poids exagéré de batteries.

La conclusion qui s'impose, c'est que l'électricité est loin d'avoir dit son dernier mot, et qu'elle est parfaitement capable de progresser encore et d'entrer en lutte sérieuse avec le pétrole pour les usages où une extrême légèreté est de rigueur. Il n'y a plus guère à compter maintenant sur les générateurs primaires, basés sur des réactions chimiques plus ou moins nouvelles : il est à craindre que ce mode de génération du courant soit toujours trop coûteux; et quant aux piles secondaires, ces magasins d'électricité transportables, on vient de voir que les électriciens les ont déjà sensiblement améliorées, ce qui permet de croire à leur avenir, surtout si l'on parvient à assurer leur conservation avec le débit excessif qu'on leur demande maintenant.

CHAPITRE XI

LES MOTEURS ÉLECTRIQUES.

MODE DE FONCTIONNEMENT D'UN MOTEUR ÉLECTRIQUE.
LES ENROULEMENTS.
LES PREMIERS MOTEURS ÉLECTRIQUES A PILES PRIMAIRES.
MOTEURS DYNAMOS.

Un moteur électrique, basé sur les lois de l'électro-magnétisme, se compose de deux parties essentielles : l'armature mobile ou *induit* et la culasse (fig. 197). On donne le plus souvent à cet induit la

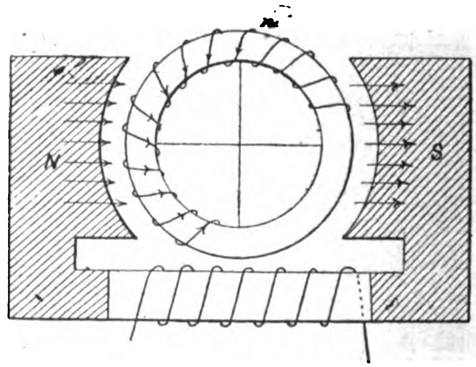


Fig. 197.

forme d'un anneau, constitué par une carcasse de fils de fer recouverte de fils de cuivre isolés à la gutta, et enroulés en spires successives et isolées les unes des autres, tout autour de cet anneau. La culasse est aimantée par une bobine ou électro parcourue par un courant électrique. L'effet de cette aimantation est de créer ce que l'on

appelle un *champ magnétique* entre les pôles N et S. Si on lançait un courant électrique dans les fils enroulés sur l'anneau induit, ce courant circulant dans le sens indiqué par la figure, cet anneau se mettrait à tourner comme le montre la flèche, et cette rotation serait due à l'action exercée par le champ magnétique N. S. sur le

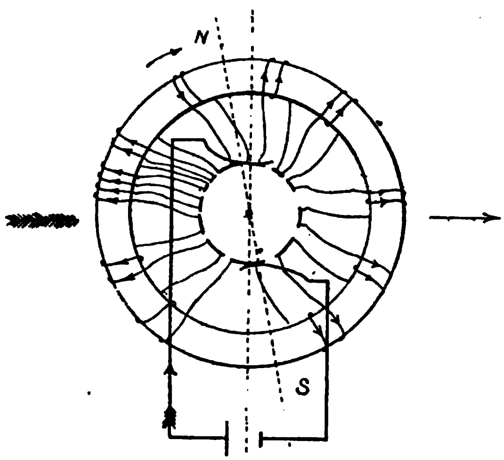


Fig. 198.

courant circulant dans les fils de l'induit. La figure 198 représente la disposition adoptée pour que le courant circulant dans les spires, à droite et à gauche de la ligne N S soit toujours du même sens, malgré la rotation de l'induit. Dans ce but, chaque spire (en réalité ce sont des sections formant une série de bobines isolées les unes des autres), est mise en communication avec une lame d'un *collecteur* K, et, à l'aide de deux balais disposés sur ce collecteur suivant la ligne N S, le courant passant par ces balais parcourt toujours dans le même sens les deux moitiés de l'anneau. En pratique, ces balais doivent être avancés d'un certain angle *a* sur cette ligne neutre. Pour récolter du travail à l'aide de cet arrangement, l'anneau étant monté sur un arbre tournant entre deux paliers, il suffira de mettre

les deux balais et les deux extrémités du fil de l'électro en communication avec une source d'electricité quelconque.

Lorsqu'on calcule les divers éléments entrant dans l'établissement d'un moteur électrique à courants continus, on doit donc ne pas perdre de vue ces deux points essentiels : grande puissance spécifique et haut rendement, et éviter par suite toutes les causes ordinaires de perte d'énergie dans ce genre d'appareils. Ces causes sont : 1° la transformation de l'énergie électrique en chaleur dans les fils de la bobine mobile ou *induit*, et dans ceux qui entourent les électros fixes ou *inducteurs*; 2° les pertes dues aux variations de l'aimantation de l'induit, résultant d'une disposition vicieuse du champ magnétique. On peut se rendre compte, en effet, qu'une section quelconque de l'anneau induit est soumise, pendant sa rotation, à des aimantations égales, mais de sens contraire, ce qui amène deux genres de pertes : celles par les courants de Foucault et les pertes par *hystérésis*. Les premières sont dues aux courants parasitaires qui prennent naissance tant dans le fer que dans le fil de l'induit, et qui transforment en chaleur inutile le travail; les pertes par hystérésis sont dues à l'inertie du fer et à sa résistance aux changements de sens dans l'aimantation; enfin, il faut tenir compte des pertes dues aux frottements mécaniques de l'arbre dans les paliers et s'efforcer de les restreindre au minimum.

Ces diverses causes de pertes d'énergie peuvent être diminuées dans une grande proportion, sauf toutefois l'hystérésis. Plus on augmentera la section des fils de l'armature et des électros, plus on diminuera par suite les pertes par échauffement, et, si l'on sectionne convenablement les fils et les masses de fer polaires, on réduira également l'intensité des courants de Foucault. Le fer de l'induit et des inducteurs devra également être sectionné pour éviter la production de ces courants parasitaires.

Si, en un mot, on accroissait d'une façon rationnelle toutes les

dimensions d'un moteur électrique, on augmenterait son rendement qui pourrait ainsi atteindre jusqu'à 95 %.

Un moteur sera donc d'autant plus économique qu'il sera plus lourd.

S'il s'agit d'une installation fixe, cette condition n'aura d'importance qu'au point de vue du prix d'achat; mais quand on applique le moteur électrique à la traction, le travail dépensé étant proportionnel au poids transporté, le poids du moteur devra être pris en considération.

Les moteurs, tels qu'on les construit pour la traction, ont rarement un rendement industriel supérieur à 80 % en régime normal. Ce rendement diminue beaucoup lorsque l'on demande au moteur une puissance supérieure à sa puissance normale, ce qui arrive souvent.

Rapportée au poids total, la puissance par kilogramme pourra atteindre 30 watts, en sorte que le poids d'un moteur de 10 chevaux serait :

$$P = \frac{1 \times 736 \times 10}{30 \times 0,8} = \frac{245^k,3}{0,8} = 306 \text{ kilogrammes.}$$

1° *Enroulement en série.* — Cet enroulement n'est applicable que lorsque l'on a affaire à une transmission de force ne comprenant que deux machines, une génératrice et une réceptrice. En maintenant la vitesse de la génératrice constante, on peut obtenir une vitesse invariable de la réceptrice, quel que soit le travail développé. L'enroulement en série est indispensable pour les moteurs devant produire un couple-moteur considérable au démarrage. Si le moteur emprunte son courant à une distribution à intensité constante, le couple-moteur sera invariable quelle que soit la vitesse. Si la distribution est à potentiel constant, le courant circulant dans le moteur et par suite aussi le couple-moteur varieront avec la vitesse.

En diminuant outre mesure la charge d'un moteur en série, il faut veiller à ce que la vitesse ne devienne pas trop grande ; c'est un des inconvénients de ce genre de dynamo. On ne l'emploie du reste que lorsqu'on n'a pas besoin d'une grande régularité et qu'il est nécessaire

d'exercer un grand effort au démarrage, comme par exemple dans l'entraînement des tramways électriques, le levage de fardeaux, etc.

Si on ne change rien aux connexions d'une dynamo génératrice en série, un courant de sens quelconque envoyé dans la machine la fait tourner comme moteur en sens inverse de celui dans lequel elle tournait comme génératrice.

Pour obtenir la rotation dans le sens convenable, il est nécessaire d'intervertir les connexions du fil inducteur.

2° *Enroulement en dérivation.*— Cet enroulement est surtout convenable pour les moteurs devant tourner à une vitesse constante en recevant un courant d'intensité constante. Le couple-moteur est nul à la mise en marche, ce qui est un inconvénient dans certains cas. L'enroulement inducteur se trouvant placé en dérivation sur l'induit dont la résistance est presque nulle, il s'ensuit que le courant intense qui circule dans ce dernier à la fermeture du circuit, produit un abaissement de la différence de protentiel aux bornes du moteur; le courant circulant alors dans le shunt ne possède pas l'intensité nécessaire à la production du couple; le moteur ne tourne pas, et l'induit peut être brûlé. On doit de plus, se rappeler que, par suite de la self-induction considérable de l'inducteur, le courant d'excitation n'atteint sa valeur maximum qu'après un certain nombre de secondes. Pour obtenir sûrement la mise en marche, il faut introduire un rhéostat en série avec l'induit entre les points de jonction du fil inducteur et diminuer ensuite progressivement la résistance. Pour les très petits moteurs, on se contente de soulever les balais pendant quelques secondes, afin de permettre au courant d'excitation de se développer. Pour obtenir la rotation en sens convenable, il est nécessaire d'intervertir les connexions du fil inducteur, comme dans les moteurs enroulés en série, sans quoi la machine tournerait à l'envers du sens dans lequel elle tourne comme génératrice.

3° *Enroulement compound.*— Cet enroulement, composé d'un gros

fil et d'un fil fin, participe des qualités des deux enroulements en série et en dérivation, dans le cas où ces deux enroulements sont concordants; mais cependant, la constance de la vitesse n'est pas aussi absolue que pour l'enroulement différentiel avec enroulement shunt prépondérant, lequel permet d'avoir une vitesse absolument invariable. Si les deux enroulements inducteurs donnent des ampères-tours concordants, la mise en train s'opère sans difficulté, pourvu que l'effort résistant ne soit pas trop considérable.

Dans le cas d'un moteur à enroulement compound où le circuit en dérivation est le plus important, il arrive, pour des raisons analogues à celles indiquées pour le moteur shunt, que l'enroulement en série est seul excité, de sorte que l'appareil tourne à l'envers de son sens normal, puis s'arrête pour tourner dans l'autre sens, et accomplir ainsi une série d'oscillations qu'il faut éviter. On y remédie en employant la même disposition que dans le moteur en dérivation; de plus, le couple-moteur est à peu près nul à la mise en marche si la charge extérieure est trop forte; le courant dans les spires annule les ampères-tours des spires en dérivation, le mouvement de rotation de l'induit s'arrête et cette pièce peut se trouver détériorée par la transformation de l'énergie en chaleur.

En pratique, ce sont les moteurs excités en série ou en dérivation que l'on emploie de préférence, en raison de leur plus grande simplicité et de leur prix moins élevé.

Moteurs marchant avec des piles primaires. — Avant que le principe de réversibilité des machines dynamos fût établi, et que le transport de l'énergie à distance par l'électricité fût un fait accompli, les avantages indéniables du moteur électrique avaient incité les chercheurs à réaliser des appareils pouvant fonctionner avec la seule source d'énergie qui se trouvât à leur disposition : la pile primaire. Mais ces appareils ne devinrent possibles que lorsque Gramme d'une

part et Hefner Alteneck d'autre part, eurent fait connaître leurs induits en anneau et en tambour. C'est M. Marcel Deprez qui a établi l'un des premiers modèles et, après lui, M. Trouvé qui a construit un moteur à bobine tournante pouvant être appliquée à divers usages. Voici la description donnée par ce dernier, de son système, dans une note présentée à l'Académie des Sciences.

« Lorsqu'on trace le diagramme dynamique d'une bobine Siemens, en lui faisant opérer une révolution complète entre les deux pôles

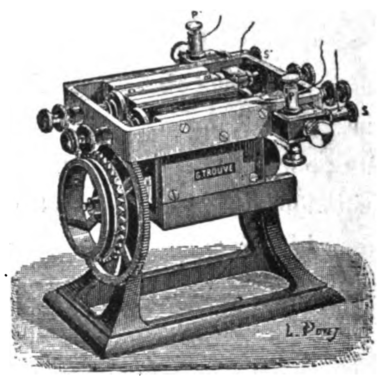


Fig. 199. — Premier moteur Trouvé à deux bobines genre Siemens.

magnétiques qui réagissent sur elle, on observe que le travail est presque nul pendant deux périodes assez grandes de la rotation. Ces deux périodes correspondent aux temps pendant lesquels les pôles cylindriques de la bobine, ayant atteint les pôles de l'aimant, défilent devant eux; durant ces deux fractions de la révolution, qui sont chacune de 30 degrés environ, les surfaces magnétiques destinées à réagir l'une sur l'autre restent à la même distance; la bobine n'est donc pas sollicitée à tourner. Il en résulte une perte notable de travail. J'ai supprimé ces périodes d'indifférence et accru l'effet utile de la machine en modifiant ainsi la bobine : les faces polaires, au lieu d'être des portions d'un cylindre dont l'axe coïncide avec celui du système, sont en forme de limaçon, de telle sorte qu'en tournant

elles approchent graduellement leurs surfaces de celles de l'aimant. L'action de répulsion commence alors, de sorte que le point mort est pratiquement évité. »

Ce moteur mesurait 20 centimètres de hauteur sur 25 centimètres de largeur, et il pouvait développer une force de 4 à 5 kilogrammètres. Au lieu de se servir, comme Marcel Deprez, d'un aimant naturel, M. Trouvé a adopté un électro-aimant en forme d'U, entre les pôles duquel est placée la bobine Siemens modifiée. Le courant circule dans le fil de l'électro-aimant jouant le rôle d'inducteur et passe ensuite dans le fil de la bobine tournante, ou induit. Ce courant aimante le fer de l'électro et traverse tout l'appareil en déterminant des pôles magnétiques qui changent de nom deux fois par tour de la bobine. Il se produit ainsi une suite d'attractions qui se continuent jusqu'à l'interruption du courant.

Tout d'abord, l'inducteur avait été composé d'un aimant naturel en fer à cheval, mais le résultat avait été inférieur à celui donné par l'électro-aimant, de même que le rendement est meilleur avec les dynamos qu'avec les machines magnéto-électriques. Pour augmenter la puissance disponible sans changer toutefois les dimensions des organes, le constructeur a logé deux bobines côte à côte entre les pôles d'un électro-aimant double, et ces bobines sont reliées soit en dérivation soit en série, suivant le voltage et le débit de la source d'électricité devant les actionner. On peut donc disposer ainsi d'une force double, et comme il était assez difficile de déterminer d'avance cette force, à l'époque où ce moteur fut inventé, cette combinaison permettait d'augmenter à volonté le travail produit (fig. 199).

A l'expérience, le moteur Trouvé à bobine unique, actionné par une batterie de 6 éléments débitant 6 ampères sous une tension de 10 volts, développe 3 kilogrammètres ; le moteur double 6 kg., 5 avec deux batteries. Le rendement atteint donc à peine 50 %. Cependant, il présente un certain intérêt ; ainsi construit, tout en aluminium sauf

les pièces polaires, un tout petit modèle de ce genre peut développer un travail représentant 4, 5 et même 6 fois son poids en kilogrammètres, et un moteur pesant 200 grammes a produit 1 kg., 2.

Il a été construit, de 1880 à 1890 un certain nombre de moteurs électriques de faible puissance destinés à fonctionner avec des piles, et pouvant actionner des appareils n'exigeant pas plus de 7 à 8 kilogrammètres, comme, par exemple, les petits tours, les machines à coudre, les canots, mais le succès croissant des moteurs à gaz et à pétrole a fait disparaître ces systèmes dont l'entretien était fort coûteux. Nous ne rappellerons donc ici que quelques systèmes qui ont eu un instant de vogue, celui de Radiguet entre autres.

Moteur Cloris-Baudet. — La construction de ce moteur se rapproche beaucoup de celle du précédent. Là encore nous trouvons une bobine de Siemens tournant entre les pôles d'un électro-aimant disposé horizontalement, mais cette bobine est modifiée en ce sens que le fil est enroulé sur de petits barreaux de fer doux qui réunissent les deux faces polaires de la bobine. Il n'a pas de point mort et il ne se produit que peu d'étincelles au commutateur, mais il présente l'inconvénient d'un rendement médiocre et il exige des engrenages pour réduire la vitesse de rotation, ce qui est cause d'un tapage assourdissant. Il a été appliqué à la mise en marche de petits outils et à la propulsion de bateaux à aubes, mais sans grand succès. Aussi, ce système est-il bien oublié maintenant.

Moteur Radiguet. — Ce modèle, qui donne d'assez bons résultats et possède un meilleur rendement mécanique que les modèles précédents, est une véritable dynamo à anneau Gramme avec inducteurs hémicirculaires. La vitesse de rotation n'étant pas excessive, les rouages intermédiaires de transmission sont supprimés, et le moteur peut commander directement les machines à coudre ou autres appareils qu'on lui adjoint. Actionné par des batteries de piles au bichromate

de potasse du même inventeur, ce petit moteur peut développer de 4 à 5 kilogrammètres. Il a reçu de nombreuses applications.

Moteur Griscom. — Dans ce système, la bobine Siemens tourne à l'intérieur d'un anneau cylindrique creux, en fonte malléable, anneau recouvert d'enroulements de fil le divisant en deux moitiés et combinées de manière à créer deux pôles conséquents aux deux extrémités d'un même diamètre vertical. Ce moteur donne des résultats satisfaisants. Il est petit et léger et sa vitesse fort grande ; on l'a appliqué *directement* sur des machines à coudre pour les actionner.

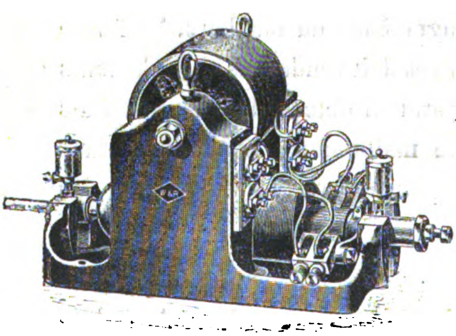
Moteur sphérique Burgin. — L'inventeur a eu l'idée de prendre comme inducteur une sphère qui joue le rôle de cadre galvanométrique et qui est recouvert de fil formant une série de spires suivant presque des parallèles horizontaux. A l'intérieur, un noyau de fer mobile sur axe horizontal est également entouré de spires formant encore des couches parallèles. Lorsqu'on lance le courant, ces deux séries de spires tendent à se mettre parallèles, et si on renverse le courant au moment où, dans la rotation, cette position est atteinte, le mouvement continue. On voit qu'ici il n'y a plus d'aimantation variable ; la partie de l'appareil où les courants sont renversés ne renferme que du fil conducteur. Il y a donc là un principe curieux et différent des autres. On perd, il est vrai, dans ce procédé, l'action énergique exercée par le magnétisme du fer doux. La forme adoptée pour l'induit est assez bizarre et doit rendre les enroulements assez difficiles, cependant on en a, paraît-il obtenu de bons résultats et cette disposition est encore usitée maintenant, notamment dans la machine à haute tension réglable, pour tramways et éclairage, de Thomson-Houston.

Moteurs a courant continu. — En faisant tourner l'induit d'une machine dynamo devant les pôles d'un aimant naturel ou d'un électro-aimant, on engendre dans le fil de cet induit un courant électrique.

Inversement, en faisant traverser le fil de cet induit par un courant provenant d'une source quelconque, on transforme l'électricité en travail mécanique, et l'énergie reçue sous forme de courant est changée en mouvement. C'est cette faculté de réciprocité qui est désignée sous le nom de *réversibilité*, et elle est commune, on le sait, à un grand nombre de machines, notamment aux dynamos.

La même dynamo, suivant qu'elle recevra ou du mouvement pour produire de l'électricité, ou un courant pour développer du travail, sera donc *génératrice* ou *réceptrice*, mais ses organes n'auront pas changé. Les moteurs électriques actuels ne sont donc pas autre chose que des dynamos pouvant être appliquées à tout autre usage : éclairage, transport de force, etc., et le seul souci des électriciens a consisté à réduire autant que possible leur poids et à disposer les pièces les composant sous le moindre volume possible et à l'abri des causes de dérangements par les influences extérieures.

Les dynamos à anneau Gramme constituent les modèles de moteurs les plus répandus, car elles fournissent un assez bon rendement industriel, mais les piles primaires ne sont presque plus employées comme source de courant, et on leur préfère les accumulateurs,



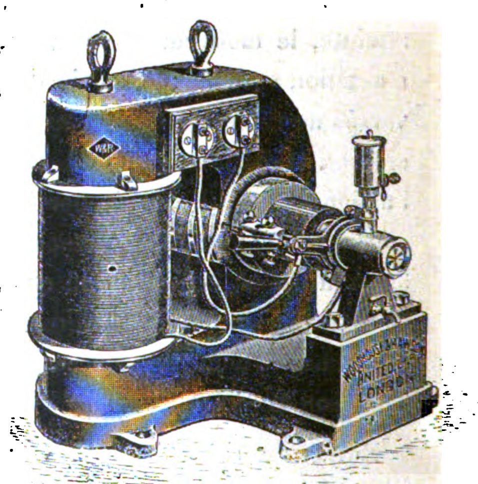


Fig. 200 et 201. — Moteurs électriques industriels.

comme nous l'avons dit au chapitre précédent. Nos figures 200 et 201 montrent l'aspect de moteurs assez employés dans l'industrie.

M. Trouvé a établi un type de moteur fort intéressant au point de vue qui nous occupe. C'est, comme le montre la figure 202, une dynamo à induit en anneau, avec deux électro-aimants inducteurs circulaires entourant l'induit. Afin de fournir au champ magnétique son

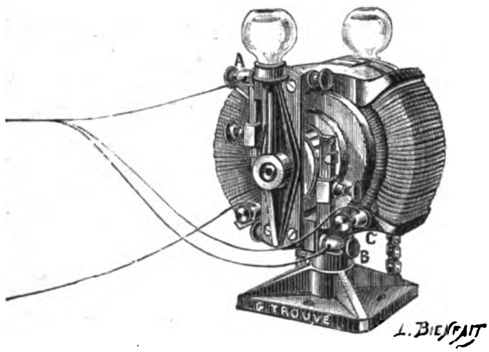


Fig. 202. — Moteur Trouvé, à anneau Gramme.

maximum d'intensité, l'espace compris entre l'inducteur et l'induit, ou *entrefer*, est réduit à son minimum. Dans ces conditions, la puissance spécifique est assez élevée : le type de 1/2 cheval ne pèse que 15 kilogrammes et celui de 10 chevaux (7 kilowatts 3) 110 kilogrammes. Malheureusement, le rendement est plutôt médiocre, car il varie de 50 à 65 % de l'énergie primaire fournie.

Parmi les meilleurs modèles de moteurs de ce genre, il faut signaler tout particulièrement celui combiné par M. Rechniewski, construit par les ateliers Postel-Vinay, et dont plusieurs applications ont été faites à la traction, notamment des *accumobiles* Vincent, Pouchain, Jeantaud et Kriéger. Ce moteur, que représente la figure 203, est caractérisé par un induit en forme de tambour, composé d'une série de disques de tôle mince, présentant la forme d'une roue dentée, enfilés sur l'arbre tournant et isolés l'un de l'autre par des rondelles

de papier. Les fils sont enroulés dans les creux de ces dents, et le tout est fretté pour résister aux dilatations causées par l'échauffement en marche et par la force centrifuge due à la grande vitesse de rotation.

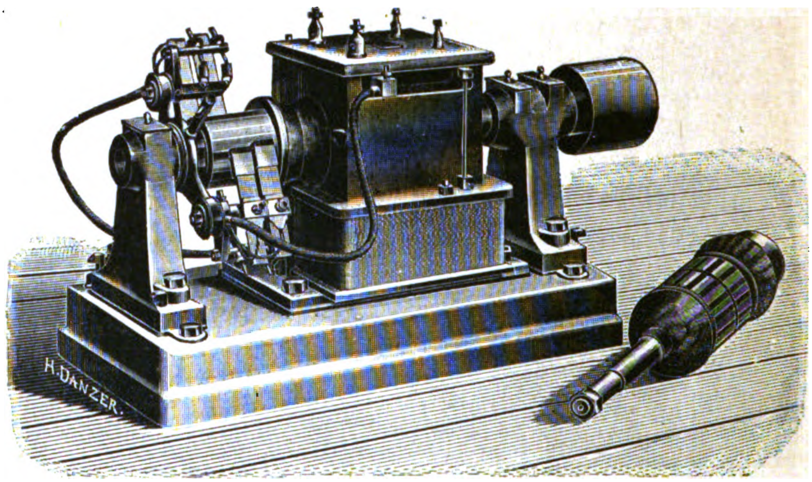


Fig. 203. — Moteur dynamo Rechniewski et son induit.

L'inducteur est composé également de tôles découpées d'une épaisseur de 1 millimètre, isolées les unes des autres, pour éviter la production des courants de Foucault, diminuer la dépense d'électricité nécessaire pour l'excitation et augmenter le rendement. La résistance magnétique de l'entrefer jouant également un très grand rôle dans cette dépense, M. Rechniewski a ramené au minimum la distance séparant l'inducteur de l'induit, en supprimant, comme il vient d'être dit, la couche de fil extérieure.

La conséquence de ces heureuses modifications a été d'élever notablement le rendement industriel de ces moteurs. On a obtenu jusqu'à 94 % avec des unités de 150 kilowatts, et 86 % avec des types de 5 chevaux pour traction, ce qui constitue un résultat véritablement très remarquable.

Mentionnons encore en passant, parmi les types de moteurs électriques de haut rendement, les derniers modèles de la Société Gramme, de la Compagnie Thomson-Houston, plus spécialement destinés aux tramways à traction électrique, de la célèbre maison Sautter et Harlé,

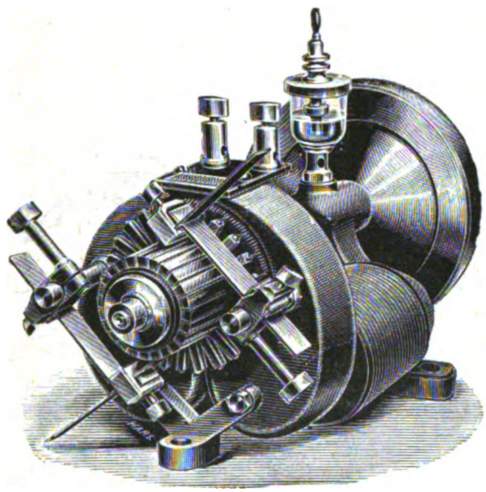


Fig. 204. — Moteur Austin (type « Bébé »).

de Austin (fig. 204) et de Patin (fig. 205 et 206), ce dernier de poids extrêmement réduit.

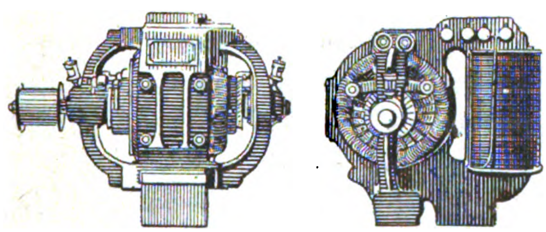


Fig. 205 et 206. — Moteur à courant continu de Patin, vu de face et de profil.

De même que tous les autres systèmes de moteurs, les moteurs électriques ont profité des derniers progrès de la métallurgie et de la mécanique ; ils ont reçu de sérieuses améliorations résultant de ce que leur théorie est mieux connue et plus rigoureusement étudiée

et suivie. Ils sont construits avec précision et leurs moindres détails sont réalisés avec des matériaux de haute qualité, ce qui n'avait pas lieu en 1880. A cette époque, le rendement, pour les unités de 2 à 5 kilowatts ne dépassait pas 55 à 60 % et le poids était de 40 à 50 kilogrammes par kilowatt. Aujourd'hui on arrive couramment à un rendement de 90 %, et la puissance spécifique est telle que le moteur ne pèse plus que de 10 à 15 kilogrammes par cheval. De plus, et en

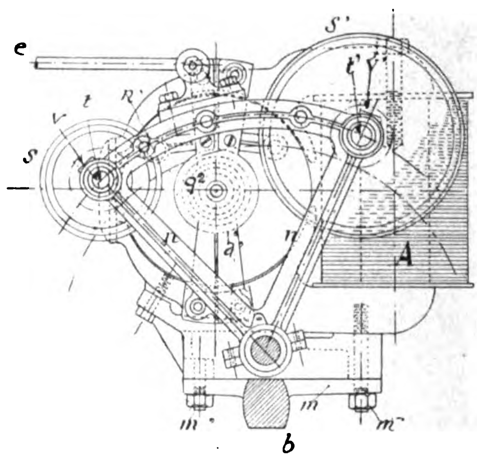


Fig. 207. — Mécanisme de renversement de marche dans le moteur Patin.

dehors de cette grande puissance spécifique, le moteur électrique présente sur celui à explosion, des avantages évidents. Ainsi, le couple moteur, et par suite l'effort utile, augmentent lorsque la vitesse diminue, et inversement avec l'électricité, et cette propriété précieuse, unique même permet de l'utiliser comme régulateur de vitesse. Il est loin d'en être de même avec le moteur à pétrole.

Nous terminerons cette revue des moteurs électriques par le résumé des conditions de fonctionnement d'un type de moteur extrêmement léger, construit en aluminium à l'exception des pièces polaires, pour leurs voitures électriques à long parcours, par MM. Bouquet et Cie.

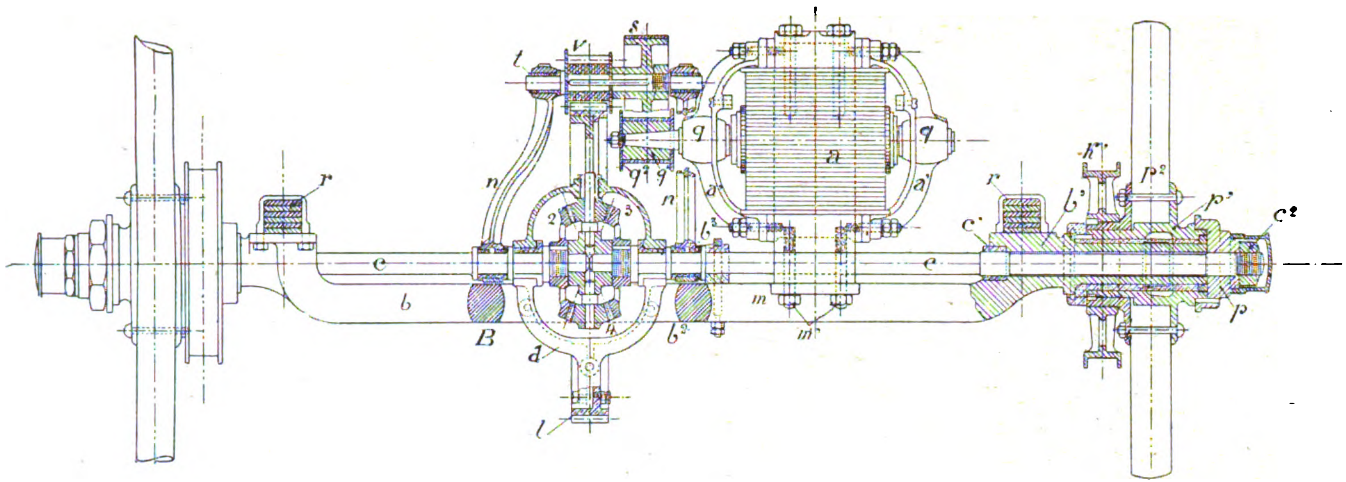


Fig. 208. — Commande de l'essieu moteur dans la voiture électrique de M. Patin.

Courant moyen normal	15 à 20 ampères
Résistance de l'induit	0,15 ohm
— de l'inducteur.	0,10 ohm
Puissance normale du moteur . . .	4 chev.,5
Poids du moteur	40 kilogrammes
Induction magnétique spécifique dans l'inducteur	13.000 gauss
Induction magnétique spécifique dans l'induit	12.000 gauss
Densité du courant par millimètre carré dans les fils de l'induit.	2 ampères
Densité du courant par millimètre carré dans les fils de l'inducteur. . . .	1 amp.,8
Nombre de tours par minute . . .	1.500
Echauffement après 5 heures de marche	550 centig.
Rendement du moteur en énergie . .	93 %

Rappelons encore que l'électricité à été appliquée à l'art aéronautique et que MM. Tissandier d'une part, MM. Renard et Krebs d'autre part, ont employé pour la propulsion de leurs ballons fusiformes,

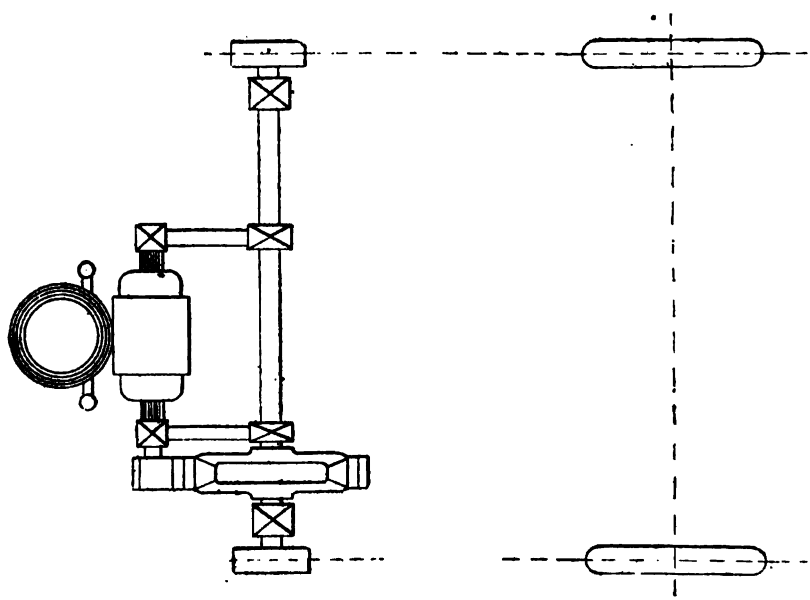


Fig. 209. — Commande de l'essieu moteur dans l'accumobile Bouquet, Garcin et Schivre.

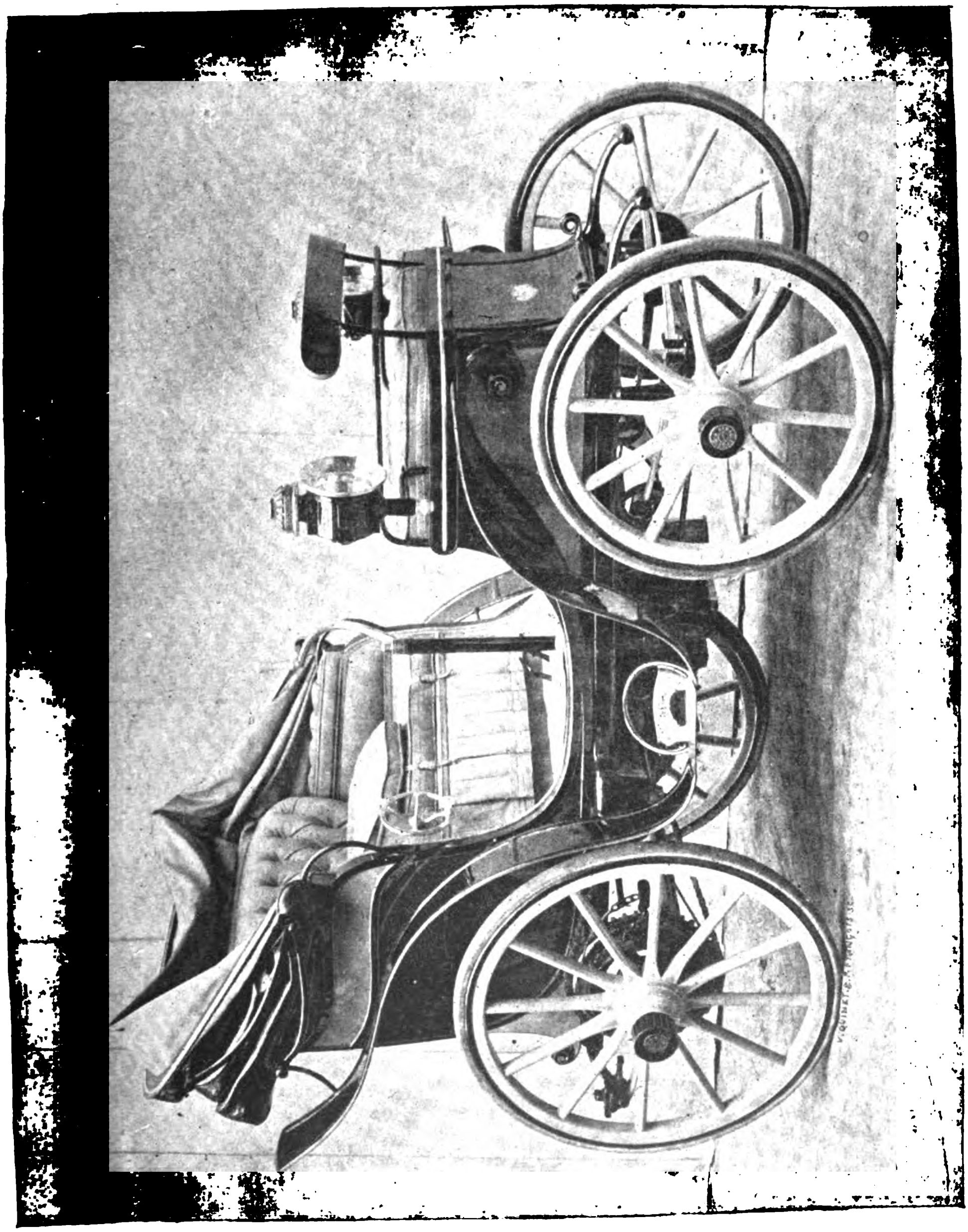


Fig. 210. — Accumobile Bouquet, Garcin et Schivre.

des moteurs d'une grande légèreté. MM. Tissandier ont fait usage d'une dynamo système Siemens développant 100 kilogrammètres sous un poids de 55 kilogrammes, les derniers ont employé une dynamo

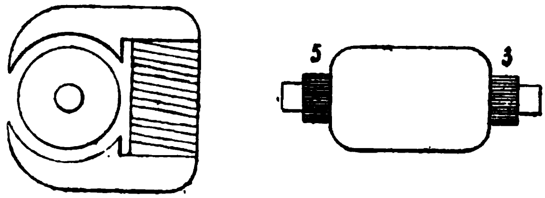


Fig. 211 et 212. — Moteur électrique Bouquet.

construite sur les plans de M. Gramme et développant à l'allure de 3600 tours par minute, une puissance de 10 chevaux sous un poids de 110 kilogrammes.

Ainsi donc, tandis que le premier moteur pesait 30 kilogrammes par cheval, celui-ci ne pesait que 11 kilogrammes, poids atteint maintenant d'une façon industrielle ainsi qu'on a pu le voir d'après les descriptions qui précèdent.

CHAPITRE XII

MOTEURS DIVERS

MOTEURS A ACÉTYLÈNE, A AMMONIAQUE, A ACIDE CARBONIQUE.
PRIX D'ENTRETIEN DE LA FORCE,
COMPARAISON ENTRE LES DIFFÉRENTS SYSTÈMES.

Il nous reste, pour être complets, à dire un mot de quelques systèmes de moteurs proposés par divers inventeurs qui peuvent les croire — avant toute expérience — très supérieurs à tous ceux que l'on connaît. Certes, il ne serait pas difficile de décrire de très nombreux dispositifs de toute espèce : il n'y a qu'à consulter les recueils de brevets d'invention depuis vingt ans, la récolte sera abondante, mais c'est ici plus que partout autre part qu'il faut procéder à une sélection rigoureuse pour ne pas s'égarer dans une forêt de laquelle on ne pourrait sortir. Nous continuerons donc, ainsi que nous l'avons fait pour tout cet ouvrage, à nous attacher plus particulièrement à décrire les appareils ayant reçu la sanction de la pratique et de l'expérience, ou à ceux qui présentent une idée nouvelle, un principe original susceptible d'applications futures, à mesure que l'industrie progressera.

Tel est précisément le cas des moteurs à acétylène et à alcool qui pourraient, dans l'avenir, être avantageusement utilisés dans certaines circonstances, quoi qu'en pensent certains critiques à courte vue, qui ont prétendu que le remplacement des hydrocarbures volatils

par un autre combustible était absolument dénué d'intérêt, ce qui n'est pas à notre avis.

Parmi les personnes qui ont fait connaître des moteurs employant l'acétylène au lieu de l'essence, nous devons citer MM. Cuinat, Turr et Chertemps. M. Cuinat ayant reconnu que l'explosion du mélange d'acétylène et d'air est trop brisante et la chaleur développée trop considérable, a abandonné son procédé, qui avait en outre le tort d'être plus coûteux, à égalité de puissance, que le gaz ordinaire. MM. Turr et Chertemps, pour atténuer ces défauts, ont imaginé un dispositif tel que la brusquerie de l'explosion, cause de l'élévation de la température, est utilisée pour transformer en vapeur une certaine quantité d'eau, ce qui permet d'obtenir une poussée graduelle sur le piston en utilisant la détente même de cette vapeur d'eau jusqu'au bout de la course. Grâce à un artifice de construction, le piston offre à l'action des gaz une surface d'autant plus grande, qu'il s'éloigne davantage de son point de départ.

Remarquons en passant que cette idée d'utiliser la chaleur superflue de l'explosion au lieu de l'absorber dans une circulation d'eau, a déjà été mise à exécution en 1878, par M. Simon. Là, déjà, l'eau était introduite dans le cylindre même, au fur et à mesure des besoins et vaporisée par les chaleurs perdues. L'action était si efficace que le moteur pouvait continuer à marcher pendant plusieurs minutes après la fermeture du robinet à gaz, et par le seul effet de la vapeur. Et le résultat de cette adjonction était indéniable, car le moteur Simon ne consommait que 800 litres de gaz et 4 litres d'eau par cheval-heure, alors que tous les autres moteurs à gaz consommaient, à cette époque, au moins 1 mètre de gaz et 30 litres d'eau de réfrigération pour la même force.

Pour juger ce système dont l'avenir nous montrera, espérons-le l'utilité, nous dirons que les inventeurs ont combiné également des moteurs basés sur le même principe et possédant deux cylin-

dres accouplés et ayant le tiroir et les pompes commandés par la bielle. Ils sont complétés par un générateur de gaz acétylène de dimensions restreintes, mais il est bien évident que tous les générateurs peuvent être employés. Dans le cas où l'on tiendrait à avoir une très grande légèreté, on pourrait utiliser au lieu de générateurs, les réservoirs de nos camarades Hess et Georges Claude, dans lesquels l'acétylène est dissous sous pression dans l'acétone, corps qui présente la propriété de dissoudre environ 25 fois son volume d'acétylène à la pression ordinaire et à la température de 15°. Il y a là tout un champ d'expériences à labourer et il est certain que l'acétylène nous réserve encore bien des surprises, surtout comme agent moteur.

Moteurs a alcool. — En l'état actuel de la question l'alcool peut-il être, de même que l'acétylène, appliqué à la production de la force motrice ? M. Ringelmann a répondu à cette question dans une note lue à l'Académie des Sciences dans sa séance du 18 octobre 1897, car, en présence de la crise qui éprouve depuis plusieurs années la distillerie, il était tout indiqué de chercher s'il était possible de développer les emplois industriels de l'alcool : chauffage, éclairage et particulièrement production de la force motrice. Voici donc les résultats obtenus par M. Ringelmann lors de ses essais :

Tandis que l'essence minérale (densité 0,708 à 15°) développe par sa combustion 11.360 calories par kilogramme, l'alcool (densité 0,834 à 15°) en développe 6,522. A poids égal, l'alcool produit donc environ moitié moins de chaleur que l'essence minérale (57,4 contre 100).

L'évaporation de l'alcool est aussi moins rapide que celle de l'essence pour une surface et une différence de température données, ce qui rend plus difficile la production d'un mélange détonant. Dans ces conditions, il a fallu, pour faire partir les moteurs d'expérience, en employant l'alcool, avoir recours à des artifices spéciaux. L'un d'eux consistait dans la mise en marche initiale du moteur à l'essence mi-

nérale, et à son remplacement par l'alcool lorsque la température de l'échappement atteignait 70 degrés, en modifiant, bien entendu, la composition du mélange, car il faut 2 fois plus d'alcool que d'essence pour obtenir une combustion complète dans le cylindre du moteur. L'autre artifice consistait dans l'emploi d'un carburateur chauffé au gaz et maintenu à une température comprise entre 42 et 47 degrés, et reconnue, par tâtonnements, la plus favorable au fonctionnement de la machine, mais ce chauffage ne va pas sans danger.

En prenant les résultats *les plus favorables* obtenus par M. Ringelmann, pour le meilleur des deux moteurs expérimentés, fonctionnant à pleine charge, on trouve les consommations suivantes, ramenées à un million de kilogrammètres.

Combustibles	en kilog. Consommation	en litres Consommation
Pétrole lampant . . .	1,63	1,96
Essence de pétrole . .	1,48	2,10
Alcool dénaturé . . .	2,80	3,36

En comptant respectivement (hors Paris), les combustibles à 30 centimes le litre pour le pétrole lampant, 50 centimes pour l'essence minérale et 1 franc pour l'alcool dénaturé, on trouve que le combustible nécessaire pour produire 1.000.000 de kilogrammètres coûterait :

Pétrole lampant . . .	60	centimes
Essence minérale. . .	105	—
Alcool dénaturé . . .	336	—

Pour remplacer le pétrole lampant à 30 francs l'hectolitre, l'alcool ne devrait coûter que 17 fr. 70 l'hectolitre, et pour se substituer à l'essence de pétrole, toutes difficultés techniques et, tout danger mis à part, l'alcool dénaturé ne devrait pas dépasser le prix de 31 francs l'hectolitre.

M. Ringelmann conclut, comme un fait désormais acquis, qu'il ne faut pas songer, actuellement tout au moins, à l'utilisation économique

de l'alcool pour les moteurs, surtout si l'on tient compte des dangers d'incendie qu'entraîne la manipulation d'un liquide aussi inflammable.

Déjà vers 1867, on avait pensé à employer sinon l'alcool, mais l'éther puis le chloroforme dans des machines à condensation dites : à vapeur combinées (système de Tremblay et Lafont). L'application n'eut pas une longue durée, car on ne tarda pas à se rendre compte que l'économie était nulle et le danger constant avec cette association de la vapeur d'eau et de l'éther. Il est à craindre qu'il en soit de même pour l'alcool, qui est aussi redoutable et encore plus coûteux.

Moteur a voitures Henriod. — Nous avons mentionné au chapitre VII, le moteur Henriod au pétrole ; ce moteur présentant la propriété de fonctionner également bien à l'alcool, nous en profiterons pour donner sa description plus détaillée. La voiture Henriod comporte, en effet, des particularités et des différences notables sur les autres véhicules existants. Parmi ces particularités, il en est une qui constitue un progrès important dans la voie des recherches auxquelles se livrent, depuis quelque temps, les inventeurs. Nous voulons parler de l'emploi de l'alcool comme combustible. M. Henriod a, le premier, réalisé pratiquement ce progrès, non par la construction d'un moteur spécial fonctionnant à l'alcool, mais mieux encore par la construction d'un moteur fonctionnant indifféremment, soit au pétrole, soit à l'alcool.

Nous verrons plus loin les avantages que possèdent les voitures de sa construction, mais disons tout de suite que le succès de ses études réside dans la suppression du carburateur, remplacé par un appareil simple et peu encombrant, le *distributeur*, dont nous allons donner une description complète. Mais voyons d'abord le moteur, son échappement et le régulateur.

Le moteur Henriod se compose de 2 cylindres placés horizontale-

ment l'un en face de l'autre, à l'avant de la voiture et parallèlement aux essieux (fig. 213).

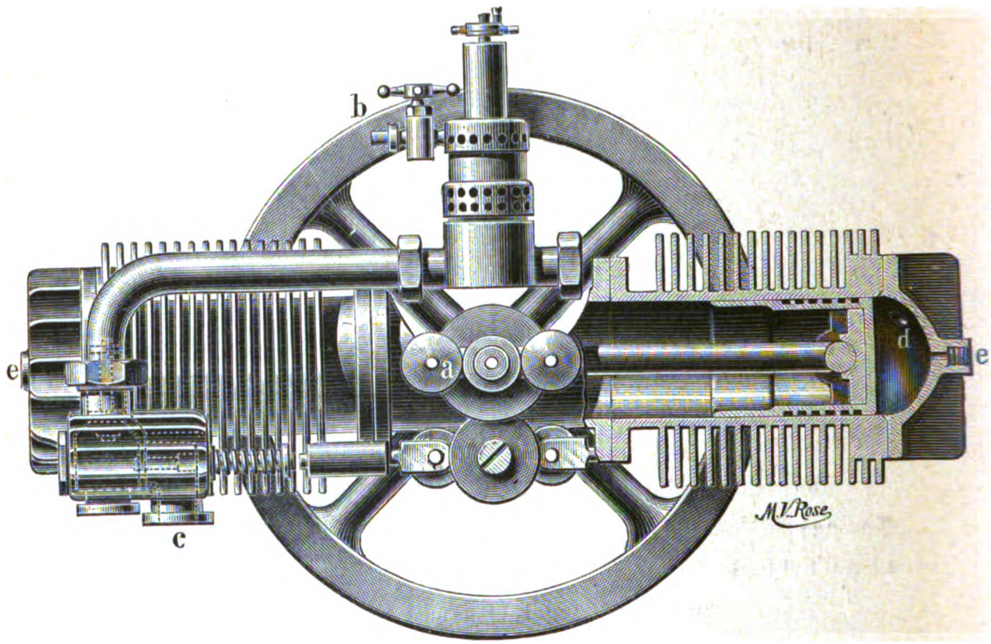


Fig. 213. — Moteur au pétrole ou à l'alcool de Henriod (Elévation et demi-coupe).

Par cette disposition même, le moteur se trouve équilibré, les deux pistons ayant exactement les mêmes dimensions et étant animés d'un mouvement inverse. La trépidation se trouve donc par là même, complètement supprimée.

La vitesse du moteur est variable et peut atteindre 1.000 tours.

L'allumage est électrique et se fait dans la culasse de chaque cylindre; les pistons se trouvent donc chassés de l'extérieur vers le centre.

Les tiges des pistons attaquent le vilebrequin double de l'arbre du moteur dont les manivelles sont disposées à 180°, ce qui donne l'explosion dans l'un ou dans l'autre des cylindres pour chaque tour

de l'arbre. L'échappement est commandé par une came unique à la façon des moteurs ordinaires.

Un régulateur à boules monté directement sur l'arbre du moteur, vient agir sur les tiges des soupapes d'échappement qu'il décolle et maintient ouvertes en cas de trop grande vitesse du moteur.

Ces soupapes étant ouvertes, l'aspiration se fait de ce côté et l'admission de gaz n'a plus lieu par les soupapes d'admission qui restent collées sur leur siège.

Dès que les soupapes sont ouvertes le moteur ralentit, l'admission ayant cessé, le ressort du régulateur ramène alors tout l'appareil dans sa première position, c'est-à-dire le disque à taquet en face des tiges de soupapes. L'admission reprend de nouveau et l'échappement se fait régulièrement à chaque tour du disque à taquet.

Le ressort à boudin qui contre-balance l'action du régulateur peut être tendu à volonté par une manette placée sur le siège et permet de cette façon de rendre le régulateur plus ou moins sensible et d'obtenir ainsi des vitesses limitées variables.

Voyons maintenant le mode d'alimentation des cylindres : Il diffère essentiellement de tout ce qui a été fait jusqu'à ce jour dans toutes les voitures automobiles à pétrole actuellement en circulation: l'organe délicat, capricieux et qui donne le plus de préoccupations aux constructeurs est bien le carburateur.

Cet organe qui jusqu'ici était nécessaire et qu'on croyait indispensable vient d'être supprimé dans le moteur qui nous occupe.

Alors que tous les constructeurs s'attachent à le perfectionner, M. Henriod l'a supprimé complètement et l'a remplacé par un *distributeur* mécanique, indéréglable et unique pour les deux cylindres, ce qui, comme nous le verrons tout à l'heure, offre des avantages incontestables sur les carburateurs employés jusqu'à ce jour, son fonctionnement est en effet assuré quelle que soit la température.

On sait d'ailleurs que dans les carburateurs, les variations de tem-

pérature nécessitent un réglage continuel qui est évité dans le distributeur Henriod en raison même de sa construction mécanique.

L'air admis au distributeur est, au préalable, réchauffé dans une boîte au travers de laquelle passent les gaz d'échappement.

Cette boîte est constituée par un cylindre en tôle percé de trous à sa partie inférieure et par lesquels l'air extérieur est aspiré et conduit après réchauffage au distributeur. Cette disposition est très favorable pour obtenir une bonne coloration et ce dispositif, en outre de l'avantage qu'il possède sur les carburateurs ordinaires d'être indéréglable et peu encombrant possède encore sur eux un avantage non moins appréciable.

Dans le fonctionnement que nous venons de décrire on voit que la culasse de chaque cylindre admet non pas du mélange explosif, mais bien un mélange d'air et d'essence ou plutôt trois parties : 1° l'air provenant de la chambre supérieure de l'appareil; 2° de l'essence amenée dans cette chambre; 3° l'air provenant de la chambre inférieure.

C'est donc la compression produite par le piston qui tend le mélange explosif et c'est seulement au moment même de cette compression qu'il le devient.

L'avantage pratique qui résulte de ce fait est la suppression de l'eau de refroidissement, le cylindre ne s'échauffant plus comme dans les autres systèmes.

Le moteur Henriod ne comporte ni bâche à eau, ni pompe, ni tout l'attirail de tuyauterie que nécessite cette installation et cela, hâtons-nous de le dire, pour des moteurs de 10 et de 20 chevaux.

Le progrès est énorme et la voie pratique dans laquelle est entré le constructeur laisse bien loin les autres systèmes.

C'est le moteur réduit à ses organes principaux, le moteur théorique dont la pratique a confirmé toutes les qualités.

Changement de vitesse. — Le changement de vitesse se compose de trois pignons de même diamètre, clavetés sur l'arbre du moteur, mais pouvant se déplacer longitudinalement sur cet arbre et engrener respectivement avec trois couronnes dentées concentriques que porte un plateau claveté sur l'arbre différentiel.

On comprend facilement que le moteur marchant à une vitesse constante le plateau prendra une vitesse variable, selon que l'un ou l'autre des pignons sera en prise avec la couronne dentée correspondante.

Le pignon 1 donnera la petite vitesse, le pignon 2 la moyenne vitesse et le pignon 3 la grande vitesse.

Ces pignons sont déplacés sur l'arbre par un levier dont le dispositif fait débrayer automatiquement les deux autres pignons lorsqu'il en met un en prise avec le disque T.

A cet effet, les pignons 1, 2 et 3 sont respectivement solidaires de leviers coudés dont la branche supérieure, en forme de fourche, vient s'engager dans des rainures circulaires que portent ces pignons. La branche inférieure de chaque levier est soumise à l'action d'un ressort à boudin formant rappel et qui les maintient débrayés.

L'embrayage se produit au moyen d'un simple levier manœuvré du siège et dont l'extrémité inférieure vient tenir abaissée l'une ou l'autre des branches supérieures des leviers coudés commandant le déplacement des pignons.

La forme de ces branches supérieures des leviers et celle de la partie inférieure du levier de commande sont calculées de telle façon que le pignon peut être amené en prise avec le disque et y être maintenu jusqu'à un nouveau changement de vitesse.

A ce moment, étant abandonné à l'action du ressort de rappel, il s'écarte automatiquement de la couronne dentée du disque et permet l'embrayage d'un autre pignon correspondant à une autre vitesse.

Il se produit donc un débrayage automatique entre chaque change-

ment de vitesse ce qui est une condition des plus favorables, sinon indispensable, pour le bon fonctionnement d'un appareil de ce genre.

La marche arrière s'obtient en mettant le disque qui porte une couronne dentée analogue à celles de ce disque en prise avec le pignon 1, préalablement amené en face de cette couronne par la manœuvre du levier de changement de vitesse et sa position au cran convenable que nous verrons tout à l'heure.

Ce disque, calé sur l'arbre, peut être déplacé sur cet arbre par un levier manœuvré du siège du conducteur.

L'arbre du moteur tournant toujours dans le même sens on voit de suite que le disque sera animé d'un mouvement inverse de celui du plateau.

Le secteur guide sur lequel glisse le levier de changements de vitesse, porte des crans de fixation de la poignée correspondant aux trois vitesses et un cran correspondant à la marche en arrière.

Dans ce dernier cran, les trois pignons 1, 2 et 3 sont débrayés et de plus, le pignon 1 se trouve en face de la couronne dentée du disque de la marche arrière.

On n'a plus alors, pour obtenir l'embrayage qu'à amener le disque en prise avec le pignon 2, ce qui se fait comme nous l'avons dit plus haut au moyen d'un levier manœuvré du siège du conducteur.

En outre des quatre crans correspondant aux trois vitesses et à la marche arrière, le secteur porte des petits taquets en forme de L mobiles autour d'un axe monté à leur extrémité. Ces taquets peuvent se rabattre extérieurement au secteur et limitent ainsi la position du levier. Cela est très utile au cas, où, voyageant de nuit on ne verrait pas suffisamment les crans du secteur.

La position du levier de changement de vitesse se connaîtra simplement au toucher et en abattant ces taquets, au préalable, on pourra embrayer directement à la vitesse voulue et sans tâtonnements.

Les pignons 1, 2, 3, sont en acier trempé, les disques sont en

bronze phosphoreux, tous les engrenages sont taillés mécaniquement et rectifiés, ce qui donne à l'ensemble de l'appareil une douceur de roulement remarquable en même temps qu'une grande docilité.

Embrayage. — L'embrayage est à friction et se fait dans le volant même du moteur. Il présente une supériorité remarquable sur les embrayages ordinaires à friction dans ce sens qu'il est progressif et par suite n'oppose pas d'un seul coup au moteur une résistance due à l'inertie des organes qu'il rend solidaires.

L'embrayage se fait au contraire progressivement, quelle que soit la vitesse à laquelle se fait la manœuvre.

Il est de plus très puissant étant donné la disposition des pièces par lesquelles se fait le serrage.

Dans ces pièces, en effet, le bras de levier de la puissance est très grand, par rapport à celui de la résistance et la force développée pour donner l'adhérence est par là même très considérable.

Ajoutons que cet embrayage est réglable à volonté, soit pour cause d'usure des parties frottantes ou remplacement de ces parties.

Sa position dans le volant même du moteur a l'avantage de laisser le moins d'organes en mouvement en cas de débrayage.

Le moteur seul dans ce cas est en mouvement à l'arrêt du véhicule.

Cette disposition facilite en outre d'une façon notable l'attaque de l'un des petits pignons A, B, C dans les couronnes dentées à chaque changement de vitesse.

Le différentiel ne présente pas de particularité. Les engrenages qui le composent sont en bronze phosphoreux ; ils sont taillés mécaniquement et sont renfermés dans une enveloppe qui les met à l'abri de la boue et de la poussière.

Le frein monté sur le différentiel est commandé par une pédale placée sous le pied du conducteur.

Il se compose d'un ruban d'acier garni de morceaux de cuir et qui donne une grande adhérence sur la surface de la poulie.

Châssis. — Le châssis représenté figure 214 est le même pour toutes les voitures quelle que soit la forme de la caisse qu'il doit recevoir.

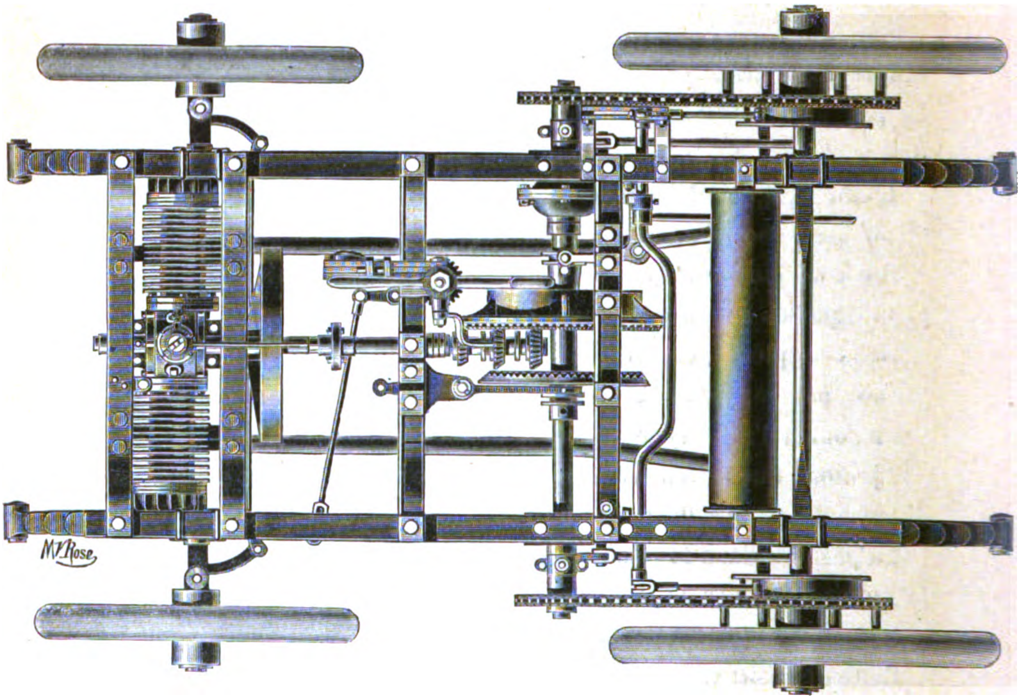


Fig. 214. — Châssis et mécanisme d'une automobile actionnée par un moteur Henriod (Plan).

Il se fait de trois dimensions différentes, mais la disposition des organes qu'il comporte reste toujours la même.

Il est constitué par deux longueurs en fer à U reliées par quatre entretoises en fer forgé.

Entre les deux entretoises avant est fixé le moteur qui est placé perpendiculairement au châssis.

Il résulte de cette disposition sur le devant de la voiture une stabilité parfaite et l'absence complète de trépidations et cela permet en

outre une visite instantanée de tous les organes mécaniques et une grande facilité d'entretien. De plus, cette disposition a l'avantage de donner un meilleur refroidissement au moteur.

L'arbre du moteur est exactement dans l'axe du véhicule; il est maintenu par deux guides fixés sur les entretoises et porte à l'une de ses extrémités les trois pignons de changement de vitesse l'autre extrémité reçoit l'embrayage qui, comme nous l'avons vu, se fait dans le volant du moteur.

L'arbre du différentiel porte à ses deux extrémités les deux pignons de chaine. Il est maintenu par deux guides fixés sous les longueurs et porte le disque de changement de vitesse et le disque de la marche arrière. Le différentiel est muni d'un frein dont la manœuvre est faite par une pédale placée sous le pied du conducteur.

Mise en marche et conduite. — La mise en marche du moteur se fait comme celle des moteurs à pétrole ordinaires. On ouvre d'abord le robinet d'essence placé sur l'avant de la voiture (le robinet du réservoir étant supposé déjà ouvert).

On met ensuite le contact sur l'allumage puis on lance le moteur au moyen de la manivelle. Un tour seulement suffit pour mettre en marche.

Le conducteur assis à droite du siège a devant lui tous les appareils de réglage, graissage et conduite.

D'abord, le levier de direction qui est muni de deux poignées et qui transmet son mouvement aux roues directrices par l'intermédiaire d'un pignon et d'un secteur denté agissant par un jeu de tringles et de leviers sur les pivots de ces roues.

A droite de ce levier se trouve la commande des changements de vitesse composée d'un levier glissant sur un secteur muni de crans d'arrêt de la poignée correspondant aux trois vitesses et à la position pour l'embrayage de la marche arrière.

Sur le côté droit du siège et extérieurement à la caisse est placé le levier d'embrayage et de débrayage.

Ce levier rabattu en avant donne l'embrayage complet.

Il glisse dans un secteur qui lui sert de guide et ramené complètement en arrière fait agir les freins à ruban montés sur les tambours des roues motrices.

Le secteur est muni dans sa partie arrière de crans permettant le blocage continu en maintenant le levier dans une position quelconque.

La marche arrière est obtenue en manœuvrant de gauche à droite, un levier placé en avant sur le plancher du siège.

Le réglage de la quantité d'air à admettre à la chambre supérieure et à la chambre inférieure du distributeur se fait, comme nous l'avons dit plus haut par la rotation de deux bagues que comporte cet appareil.

Ces deux bagues sont commandées respectivement par deux boutons glissant dans deux rainures disposées en face du conducteur.

Ces deux boutons sont maintenus en place par des crans pratiqués dans les rainures.

Il est d'ailleurs très rare qu'on ait à les déplacer, le réglage étant facilement trouvé et maintenu une fois pour toutes quelles que soient les conditions de température dans lesquelles on se trouve.

L'avance à l'allumage se fait à la façon ordinaire par la manœuvre d'un bouton déplaçant la touche d'allumage sans changer le calage de la caisse.

Cette manœuvre se fait du siège et comporte une rainure analogue à celle que nous venons de décrire et dans laquelle peut être déplacé et maintenu le bouton de manœuvre.

Le régulateur peut être rendu plus ou moins sensible en agissant sur une manette placée à droite du siège et qui permet de tendre plus ou moins le ressort placé sous le levier inférieur du régulateur.

Un robinet gradué, placé en face du conducteur, sert à régler, la quantité d'essence à admettre au distributeur et à régler par là même, la vitesse du moteur à l'arrêt du véhicule ou lorsqu'on marche sans régulateur.

Le graisseur est du système Henry et comprend quatre conduits, dont deux vont aux cylindres et les deux autres aux tourillons des manivelles de l'arbre moteur.

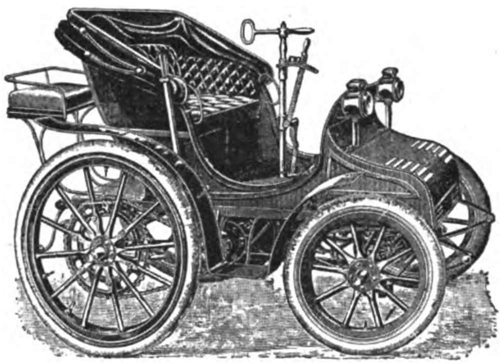


Fig. 215. — Voiture automobile Henriod.

Un cinquième conduit sert à introduire du pétrole aux segments des pistons en cas d'arrêt prolongé de la voiture.

L'accumulateur et la bobine à trembleur sont placés à l'avant du véhicule. Un volet métallique monté sur charnières permet de les visiter en même temps que le mécanisme.

Un tablier en cuir verni suspendu en dessous de ce volet recouvre la partie inférieure du mécanisme comprenant le régulateur et les soupapes d'admission et d'échappement.

D'après la description que nous venons de faire, il est facile de résumer les avantages réels que présente ce système sur tous les autres systèmes existants.

Suppression du carburateur et remplacement de cet appareil par un

distributeur mécanique permettant de marcher indifféremment à l'alcool ou au pétrole sans aucune modification.

Suppression du refroidissement des cylindres par circulation d'eau ce qui entraîne la suppression de tout l'attirail que comporte cette installation et qui diminue d'autant le poids du véhicule.

Moteur équilibré ne donnant aucune trépidation.

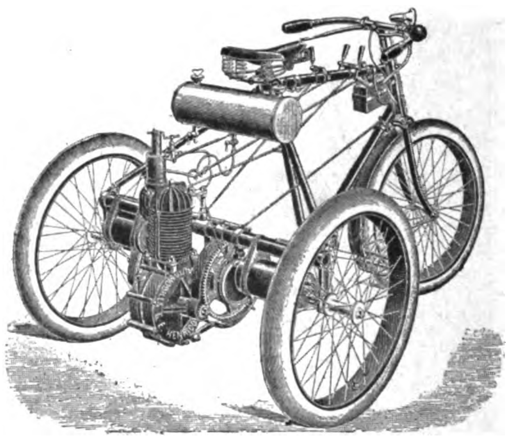


Fig. 216. — Motocycle à moteur Henriod.

Disposition de ce moteur à l'avant de la voiture ce qui permet une visite et un entretien faciles de toutes les parties du mécanisme en même temps qu'un bon refroidissement des cylindres.

Agencement de tous les organes sur un châssis, d'un modèle unique, pouvant recevoir une carrosserie quelconque.

Ajoutons à cela un changement de vitesse d'une grande simplicité et un système d'embrayage progressif fonctionnant sans à-coups et disons en terminant, que la carrosserie est des plus soignées et donne à ces voitures tout le confort désirable.

Moteurs a air chaud. — Nous ne parlerons pas ici de ce genre de moteurs, car, en réalité il n'en existe aucun modèle industriel, à part les *pompes à air* de Hock et de Rider. Les quelques systèmes

qui ont été construits, tels que celui de Bénier ont été inférieurs sous tous les rapports aux moteurs à gaz, et leur emploi ne s'est pas répandu. Il en est de même des moteurs à air comprimé et à air raréfié, qui ne peuvent fonctionner que sur une conduite de distribution reliée à une usine centrale où de puissantes pompes à vapeur y opèrent la compression ou le vide. Ce sont des moteurs fixes, extrêmement pesants, et dont la description ne se trouverait pas à sa place dans un ouvrage réservé à l'étude des moteurs légers.

MOTEUR A LESSIVE DE SOUDE, DE HONIGMANN. — Ce moteur est une sorte de locomotive pour tramways, et qui peut être classé dans la catégorie des moteurs sans foyer. Le récipient à eau chaude, qui affecte la forme d'une chaudière tubulaire, est échauffé par une lessive concentrée de soude. Le fonctionnement est basé sur la propriété que possèdent les solutions salines d'absorber la vapeur d'eau et de s'échauffer en même temps à une température supérieure à celle de la vapeur absorbée.

La vapeur servant à produire l'échauffement provient de l'échappement de la machine. Au fur et à mesure de la production de la vapeur, la température de l'eau de la chaudière tend à s'abaisser : il y a alors transmission à travers le faisceau tubulaire, la lessive cédant son calorique à l'eau dont elle tend ainsi à maintenir la température et la pression. D'autre part, au fur et à mesure de l'absorption la richesse de la dissolution de soude, et par suite son point d'ébullition, vont en s'abaissant et il arrive un moment où ce point d'ébullition atteignant la température de la lessive, l'absorption s'arrête. Si le condenseur à soude est ouvert à l'air libre, la température de la lessive et celle de l'eau iront en s'abaissant à partir de ce moment ; aussitôt qu'elle sera descendue au-dessous du point d'ébullition, l'absorption de la vapeur pourra se produire à nouveau et du colorique sera transmis à la chaudière, ainsi de suite jusqu'à ce que la

solution soit arrivée à un degré de dilution tel qu'elle ne puisse plus absorber de vapeur à la tension minimum admise pour le fonctionnement de la chaudière. On doit alors remplacer la solution ou la concentrer à nouveau jusqu'au degré primitif.

Au lieu de laisser à l'air libre le condenseur à soude, M. Honigmann a eu l'idée de le fermer; la pression y augmente alors au fur et à mesure de la dilution de la dissolution; mais, par contre, le point d'ébullition, la température et la pression de la chaudière restent fixes. Il n'y a plus alors aucune espèce d'échappement.

Quand la contre-pression a atteint une certaine valeur, on concentre à nouveau la solution de soude. Dans ces conditions, 1.000 kilogrammes de soude pourraient absorber 460 kilogrammes de vapeur, produits à 10 atmosphères, sans que la contre-pression dépasse 2,5 atmosphères.

L'inconvénient du système réside dans l'action énergique qu'exercent les lessives de soude concentrées sur la tôle de fer, action qui en amène la destruction rapide. Cette attaque et les difficultés que donnent les manipulations d'agents chimiques aussi actifs à haute température ont empêché le système de se répandre malgré son ingéniosité, son aptitude à effectuer de longs trajets et l'avantage précieux qu'il donnait de supprimer tout échappement.

Moteurs a ammoniaque. — Le principe de ces moteurs est absolument le même que celui des moteurs à eau chaude. L'approvisionnement d'eau ordinaire est seulement remplacé par une dissolution ammoniacale à haute température, dont les vapeurs à haute pression sont utilisées à la production de la puissance motrice. Ces vapeurs sont ensuite condensées dans un réservoir d'eau froide, grâce à l'affinité de l'ammoniaque pour l'eau. Mais cette condensation dégageant beaucoup de chaleur élève bientôt la température de la dissolution et, par suite, la contre-pression; au contraire, le dégagement continu de gaz abaisse la température de la dissolution chaude, et la tension

des vapeurs qu'elle émet. Il arrive donc un moment où l'équilibre tendant à s'établir, les solutions doivent être renouvelées. La dissolution ammoniacale pourrait être avantageusement remplacée, comme l'ont indiqué d'ailleurs plusieurs inventeurs, par des récipients d'ammoniaque liquéfié. Mais il est inutile d'insister sur les graves inconvénients que présente l'emploi d'un gaz aussi désagréable à manipuler que l'ammoniaque. Ces inconvénients sont tels qu'ils ont empêché à eux seuls la réussite de tous les moteurs basés sur ce principe.

Cependant, et malgré ces défauts, un moteur à ammoniaque imaginé par M. Mac-Mahon, ancien ingénieur de la marine américaine, vient d'être soumis tout récemment aux États-Unis à des essais qui ont donné des résultats assez concluants.

On sait que l'ammoniaque anhydre a la propriété d'entrer en ébullition sous la pression atmosphérique et à la température de 33°,6, et qu'il suffit de chauffer modérément ce liquide pour obtenir une augmentation de pression très rapide. C'est sur ces propriétés que M. Mac-Mahon s'est basé pour établir son moteur.

En chauffant l'ammoniaque liquide à + 27° on obtient de la vapeur ayant une pression de 10,5 atmosphères, laquelle vapeur agit dans les cylindres de la même façon que celle de l'eau. Seulement, au lieu de s'échapper dans l'air après son action, comme cela a lieu dans les locomotives, ou de se rendre dans un condenseur analogue à ceux des machines marines et autres, la vapeur d'ammoniaque est tout simplement recueillie dans un réservoir contenant de l'eau qui la dissout et l'absorbe dans une proportion égale à 1.700 fois son volume. Le réservoir qui reçoit la vapeur d'évacuation entoure le réservoir à ammoniaque de telle sorte qu'il n'y a pas, ou presque pas, de chaleur perdue.

Si, comme on l'affirme, la perte d'ammoniaque par les fuites n'atteint que 10 °/₀, en toute une année, tandis que les frais de vaporisa-

tion et de dissolution ne s'élèveraient qu'à 0fr.,19 par voiture-kilomètre, il sera facile de prévoir les chances d'avenir offertes par le nouveau moteur, en admettant, toutefois, que l'emploi de l'ammoniaque ne soit pas accompagné des multiples difficultés qui ont fait rejeter l'éther et le chloroforme vers 1855, le sulfure de carbone vers 1884, voire l'ammoniaque lui-même, vers 1866.

Moteurs a acide carbonique liquéfié. — Il n'existe pas encore en France de moteur vraiment industriel et économique marchant par la vapeur à haute pression de l'acide carbonique liquéfié; mais, en Amérique, on possède, paraît-il, des moteurs de ce genre très satisfaisants et qu'on a appliqués à la traction mécanique des tramways. La *New-Pover Company*, de New-York, a essayé l'acide carbonique liquide; ses premières expériences datent d'un an déjà, et nous n'avons pas entendu démentir les bons résultats que l'on accusait alors. Les machines employées ont les mêmes dispositions, à peu près, que les machines à vapeur.

Le gaz est d'abord emmagasiné dans des réservoirs, où il se maintient à l'état liquide, sous une pression de 70 kilogrammes par centimètre carré ; nous n'avons pas besoin de dire que ces réservoirs sont en acier. Le gaz est introduit directement dans les cylindres, sans qu'on ait à recourir à un détendeur ; ces cylindres ont $0^m,10$ de diamètre et $0^m,15$ de course ; ils sont percés de lumières d'admission consistant simplement en orifices de petit diamètre (1/4 de millimètre) fermés par des soupapes portant sur un siége en caoutchouc.

L'échappement se fait par des lumières spéciales de plus grand diamètre. Bien entendu, au moment de la détente du gaz comprimé, il se produit un refroidissement intense ; il paraît qu'il ne suffirait pas pour amener la congélation, la marche de l'appareil n'étant qu'intermittente.

Néanmoins, on réchauffe le tuyau d'admission à l'aide d'un bec de gaz spécial. La machine s'adapte aisément sous une voiture ordinaire de tramway, fonctionne bien et se manœuvre facilement.

Bien que l'expérimentation n'ait pas été prolongée, les résultats ont semblé favorables. L'appareil consomme, paraît-il, $4^k,53$ d'acide carbonique par cheval et par vingt-quatre heures; si l'on estime le prix de l'acide carbonique liquide à 0 fr. 33 le kilogramme, la dépense, par cheval et par vingt-quatre heures, ressortira à 1 fr. 50, ce qui est assez peu. Aujourd'hui, l'acide carbonique liquide est de fabrication courante et, sous un petit volume, il permet d'emmagasiner une force très considérable.

Moteur a poudre. — De nombreuses tentatives ont été faites pour remplacer les vapeurs d'hydrocarbures par un explosif puissant, ce qui permettrait de réduire dans de très grandes proportions le poids et le volume du moteur, mais il faut reconnaître que les inventeurs ne sont pas parvenus jusqu'à présent à résoudre ce problème, en raison des multiples difficultés qu'il faut surmonter pour arriver à créer quelque chose de pratique. Rappelons, parmi les tentatives récentes présentant un réel intérêt les moteurs à fulminate de Moucheraud et le moteur à pastilles de chlorate de potasse d'Archat. Dans ces appareils, une bande de papier roulée, semblable aux bobines dont on se sert pour le récepteur du télégraphe imprimeur Morse ou Hughes, porte de distance en distance des pastilles d'explosif qui viennent se présenter successivement, par un mouvement communiqué par une came, devant une lumière dans l'axe du cylindre. Un percuteur, actionné par une transmission à équerre, vient frapper sur la pastille et la fait détoner; les gaz de l'explosion par leur pression viennent agir sur le piston et s'échappent après s'être complètement détendus. Quand la provision de pastilles est épuisée, il suffit de changer le rouleau, lequel est préparé d'avance.

Il est certain que la théorie est séduisante et qu'on peut espérer, en se basant sur ce principe, établir des moteurs d'une excessive légèreté, mais combien de difficultés à vaincre avant de faire passer cette idée dans la pratique!

Cependant, si nous en croyons une note parue dans le journal *Le Motocar*, un Américain serait parvenu à construire un moteur à poudre de chasse pesant 4 kilogrammes et pouvant développer un effort évalué à 50 kilogrammètres. Mais les données sont trop vagues pour qu'on puisse se faire une idée de ce merveilleux engin, — si tant est que l'information soit bien exacte — nous nous méfions de ces canards d'outre-Atlantique.

C'est au siècle qui va s'ouvrir qu'est sans doute réservé l'honneur de doter l'humanité de ce moteur idéal, auprès duquel les machines à vapeur les plus perfectionnées, les moteurs à pétrole les plus simplifiés ne seront que des ferrailles préhistoriques. Attendons, mais en constatant que notre époque a bien préparé par ses études et ses travaux patients la création de cette machine perfectionnée avec laquelle les voyages les plus fantastiques, les vitesses les plus incroyables pourront être réalisés.

APPENDICE

UNITÉS SERVANT DANS LE CALCUL DES MOTEURS.

Calorie (unité de chaleur). — Quantité de chaleur nécessaire pour élever de 1 degré la température de 1 kilogramme d'eau à 0°.

Kilogrammètre (unité de travail). — Quantité de travail nécessaire pour élever à 1 mètre de hauteur un poids de 1 kilogramme. Cette quantité est indépendante de la question de temps.

Cheval-vapeur (unité arbitraire). — Correspond à un travail de 75 kilogrammètres par seconde. On tend à la remplacer par le

Poncelet. — 100 kilogrammètres par seconde. Unité beaucoup plus rationnelle et plus facile pour les calculs.

Cheval-heure. — Travail accompli par une machine de 1 cheval agissant pendant une heure. Correspond à 270.000 kilogrammètres. Il est préférable de le remplacer par le poncelet-heure correspondant à 100.000 kilogrammètres.

Atmosphère (Unité de pression). — Correspond à une pression 1 kg. 33 gr. par centimètre carré. On la remplace maintenant par le kilogramme par centimètre carré.

Volt. — Unité de force électromotrice dans les appareils électriques. C'est à peu près la tension de 1 élément Daniell.

Ampère. — Unité de débit des appareils électriques. S'entend par seconde.

Watt. — Produit de la pression par le débit d'un appareil électrique. Correspond à 9,81 kilogrammètres. Un cheval électrique = 736 watts.

ÉLÉMENTS DE FONCTIONNEMENT DES MOTEURS A PÉTROLE.

Il est un facteur qui reste sensiblement constant pour tous les moteurs à essence de pétrole, et ce facteur n'est autre, d'après M. Hospitalier, que le *déplacement spécifique des pistons*, calculés par cet ingénieur en partant d'expériences faites sur des moteurs dont les facteurs qui suivent ont été déterminés préalablement :

Eléments de construction et de fonctionnement	De Dion et Bouton (Tricycle)	Daimler Panhard (2,5 chevaux)	Daimler Panhard (2,75 chevaux)	Phénix, de Canstadt (4 chevaux)	Phénix-Panhard (4 chevaux)	Peugeot horizontal (4 chevaux)	Phénix-Panhard (6 chevaux)	Peugeot horizontal (6 chevaux)
Nombre de cylindres	1	2	2	2	2	2	2	2
Diamètre des pistons en centimètres	6,2	7,2	7,6	9,0	8,0	8,4	9,0	9,8
Section des pistons en cent. carrés.	30,2	40,7	45,4	63,6	50,3	55,4	63,6	75,4
Course — — .	7,0	12,6	14,6	12,0	12,0	12,6	14,0	14,4
Volume de la cylindrée en cent. cubes	211	513	633	763	604	698	890	1086
Vitesse angulaire normale, en tours par minute	1400	750	750	750	750	750	750	750
Déplacement des pistons, en litres par seconde	9,85	25,6	33,2	31,8	30,2	34,9	45,0	54,3
Puissance du moteur sur l'arbre, en chevaux	1,25	2,5	3,75	5,5	4,5	4,9	6,5	7,1
Puissance du moteur sur l'arbre, en poncelets	0,95	2,0	2,8	4,12	3,4	3,7	4,9	5,3
Déplacement spécifique des pistons en litres par seconde et par poncelet	9,86	12,8	11,7	7,7	8,9	9,4	9,2	10,3

« Avec ces données, ajoute M. Hospitalier, on peut calculer facilement la surface du piston et le volume d'une cylindrée. Puis, connaissant la vitesse angulaire normale du moteur et le nombre de cylindres, on en déduit non moins facilement le déplacement des pistons, exprimé en litres par seconde, déplacement égal au produit du double volume de la cylindrée (aller et retour par la vitesse angulaire du moteur en tours par seconde et par le nombre de cylindres. Connaissant la puissance du moteur en poncelets et le déplacement du ou des pistons en litres par seconde, on en déduit, en divisant le second par la première, le déplacement spécifique des pistons qui se trouve exprimé ici en litres par seconde et par poncelet. Or, la comparaison des huit systèmes de moteurs dont les principaux éléments de construction et de fonctionnement sont résumés dans le tableau ci-dessus, montre que ce facteur est sensiblement constant, les écarts s'expliquant facilement par les variations des facteurs multiples qui concourent à la production de la force. On peut donc admettre sans erreur sensible que, pratiquement, le quotient du déplacement des pistons d'un moteur à essence par sa puissance est une quantité constante, ou que la puissance de ce moteur est pratiquement proportionnelle au déplacement des pistons. »

Or, si l'on compare les chiffres obtenus et résumés dans le tableau, on voit que ce déplacement spécifique varie entre 8 et 10 litres par seconde et par poncelet. On ne commettrait donc pas une bien grosse erreur en disant que la puissance normale d'un moteur à essence est égale au dixième du déplacement des pistons exprimés en litres par seconde. Ce facteur caractéristique pourra être utile à déterminer et à connaître dans bien des cas, et c'est pourquoi nous avons reproduit ici les intéressants calculs de notre savant confrère.

ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION DES ACCUMULATEURS TUDOR

TYPE POUR LA TRACTION

	101 T F	103 T F	108 T F
Capacité normale en ampères-heure . . .	48	96	160
Courant de charge en ampères.	9	18	30
Courant normal de décharge	16	32	53
Courant forcé —	24	48	80
Poids des électrodes en kilogrammes. . .	8,6	16,5	28
— total de l'élément — . . .	13,5	26	44
Prix de l'élément avec récipient	35 fr.	64 fr.	100 fr.

TABLEAU RÉSUMANT LES QUALITÉS DES PRINCIPAUX SYSTÈMES DE PILES

Système	Nature des produits employés	Unité de courant	Oxygène utilisable	Force électromotrice	Résistance intérieure	Débit moyen	Capacité totale	Prix de revient du kilow.-heure
				volts	ohms	ampères	w.-h.	
Daniell (étalon)	Sulfate de cuivre, cuivre	1.000	6.415	1,02	0,05	0,5	200	5 fr.
Bunsen	Zinc, acide azot. et sulf.	6.298	40.404	1,8	0,05	8	160	2 80
Marié-Davy	Zinc, sulf. de mercure.	0.503	3.226	1,02	0,02	1	70	6 »
Trouvé	Bichr. de potasse, zinc .	2.534	16.260	2	0,01	8	90	6 50
Constante Radiguet	Bichr. potasse à 2 liq. .	2 884	18.250	2	0,05	2	80	5 50
Renard	Acide chromique, zinc .	3.722	23 880	1,04	0,06	10	120	17 50
Leclanché, vase por.	Chlorhydr. ammon. . .	»	»	1,02	0,15	1	80	6 25
Lalande, Chaperon	Oxyde de cuivre . . .	»	»	1,02	0,5	6	60	6 »
Pile Carré	Sulfate de cuivre, zinc .	»	»	1,07	0,1	3	485	4 50
Ther. élec. Clamond	Melchior, antimoine . .	»	»	8	3,2	0,7	»	11 »

On peut donc décharger ces accumulateurs en deux heures, mais le rendement est abaissé en conséquence.

TABLEAU DU POIDS DES PILES

Système	Capacité en watts-heure	Durée de la décharge	Poids d'un élément	Nombre d'éléments	Poids de pile par ch.-heure
—	—	—	—	—	—
Daniell . .	200	150 heures	2 kil.	1.500	21 kil.
Bunsen .	150	12 »	1,300	82	20 »
Trouvé .	70	6 »	4,200	90	65 »
Renard .	120	2 »	1,400	12	24 »
Lalande .	120	40 »	4,200	320	33 »
Leclanché	200	150 »	1,800	2.000	32 »

ACCUMULATEURS « JULIEN » POUR LA TRACTION

Essayé au laboratoire central de la Société internationale des électriciens, un accumulateur Julien, chargé à raison de 1 ampère et demi par kilogramme d'électrodes, a donné les résultats suivants :

Régime de décharge au kilogr.	Énergie absorbée	Capacité utilisable	Force électromotrice	Watts-heure par kil.	Durée de la décharge	Rendement pratique d'énergie
	w.-h.	amp.-h.	volts	w.-h.	heures	%
à 1/2 ampère	48	21	2,05	43	42	90
1 —	44	18	2,02	36	18	83
1 1/2 —	44	17	2,00	34	11 1/4	78
2 —	42	16	1,97	31	8	75
2 1/2 —	40	15	1,95	29	6	72
3 —	38	14	1,90	26	4 1/2	70

Les chiffres de ce tableau montrent, qu'en expérience de laboratoire, on a obtenu un rendement de 72 % pour une décharge à un taux relativement modéré et d'une durée moyenne.

TABLEAU RÉSUMANT LES CONDITIONS DE CONSTRUCTIONS DES MOTEURS ÉLECTRIQUES, SYSTÈME RECHNIEWSKI

Type R. B. — Nos	Puissance absorbée en watts, environ	Puissance disponible à la poulie en chevaux	Nombre de tours approximatif	Prix
1	400	1/4	2.400	375 fr.
2	600	1/2	2.200	475 »
3	1.000	1	2.000	575 »
4	1.800	2	1.800	650 »
5	2.500	2 3/4	1.725	720 »
6	3.300	3 1/2	1.650	775 »
7	4 500	5	1.600	950 »
8	5 700	6 1/2	1 550	1.150 »
9	7.900	9 1/2	1.500	1.400 »
10	10.000	12	1.400	1.700 »
12	14.000	17	1.300	2.200 »
14	20 000	24 1/2	1.200	3.000 »
15	27 500	33 1/2	900	4.000 »

TABLEAU DE COMPARAISON DU POIDS DES DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE GÉNÉRATEURS A VAPEUR

SYSTÈMES	POIDS			PRODUCTION par cheval-heure		POIDS par	
	1 cheval	20 chev.	moyen	combust.	eau	chev. h.	poncelet-heure
	kil.	kil.	kil.	kil.	litres	kil.	kil.
Chaudière Field	80	1.200	40	2	15	58	76
Rowan	»	1.600	50	2,5	18	68	82
Turgan	70	950	30	2	15	45	60
De Dion-Bouton	60	350	25	4	25	50	66
Serpollet.	40	480	25	4	22	45	60
Du Temple Guyot. . .	»	500	25	1,2	16	40	50
Bicycl. vapeur Volta . .	35	»	25	1,8	12	48	64

TABLEAU DE COMPARAISON DES MOTEURS A VAPEUR

SYSTÈMES	POIDS d'un moteur de 1 cheval	POIDS d'une machine de 20 chevaux	POIDS moyen par poncelet à vide	Consommation vapeur et charbon par chev.-heure	POIDS par chev.-heure
	kil.	kil.	kil.	kil.	kil.
Salomon Tenting. . .	70	»	100	25	95
Brotherhood	70	850	60	22	80
Willans	»	1 200	32	10	35
Westinghouse . . .	55	1.100	65	20	70
Le Blant	»	450	32	15	40
Dion-Bouton compound.	»	750	45	10 500	42
Nègre à 4 pistons . .	»	580	33	18	42
Rotatif Filtz simple. .	45	630	40	26	56
— compound.	»	700	42	15	47
Epicycloïdal Gérard. .	40	»	60	24	62
Rotatif Arbel Tihon. .	35	450	32	18	41
Turbo-moteur Laval. .	45	350	26	12	31

TABLEAU COMPARATIF DU POIDS DES MOTEURS A VAPEUR AVEC LEUR GÉNÉRATEUR

Moteurs de 1 cheval.

SYSTÈME	POIDS du générat. à vide	POIDS du moteur	POIDS total	CONSOMMATION par heure			POIDS TOTAL par	
				vapeur	combust.	totale	cheval-heure	poncel.-heure
	kil.	kil.	kil.				kil.	kil.
Dion-Bouton . .	60	40	100	16	1,5	18,5	118	150
Field-Brotherhood.	80	70	120	24	2 »	26	176	240
Serpollet-Le Blant.	40	50	90	15	2 »	17	107	135
Turgan-Géllard. .	70	40	110	22	2 »	24	134	165
Field-Filtz . . .	80	45	125	26	2,5	28,25	154	200
Roser-Turb.-Laval	90	45	135	12	1,5	13,5	148	180
Rowen-Arbel-Tihon	80	35	115	17	1,5	18,5	133	165
Multitubul.-Westinghouse.	95	55	150	20	1,5	24,5	178	240

TABLEAU COMPARATIF DES POIDS DES PRINCIPAUX SYSTÈMES DE MOTEURS A PÉTROLE

SYSTÈMES	Poids des moteurs à vide, compris le carburateur (en kilogrammes)								POIDS moyen par cheval	CONSOMMATION horaire par cheval			Nombre de tours à la minute	POIDS TOTAL par	
	1 chev.	2 chev.	4 chev.	6 chev.	8 chev.	10 ch.	12 ch.	16 ch.		essence	charbon	eau.etc.		chev.-heure	poncelet-h.
									kil.	gr.	litres			kil.	kil.
Daimler (Panhard) . .	»	»	75	130	160	200	250	280	20	500	4	4.500	700	25	32
Peugeot (nouv. type) .	»	»	90	110	140	»	»	»	19	450	4	4.5	700	23,5	30
Pygmée.	30	55	80	120	»	»	»	»	20	400	5	5 4	500	25,5	32,5
Benz.	100	»	160	200	260	310	»	»	35	350	5	5.4	850	40,5	54
Dion-Bouton	30	»	»	»	»	»	»	»	30	450	»	0.450	1500	34	42
Bouilly	35	»	»	»	»	»	»	»	35	400	»	0.400	1500	34,5	44
Dalifol	»	»	300	»	»	»	»	»	70	400	5	5.4	1000	75,5	100
Audibert-Lavirotte . .	»	»	70	180	200	350	410	480	38	400	6	6.4	400	45	60
Astresse	»	55	»	85	100	140	»	»	15	350	»	0.350	600	15,5	21
Landry-Beyroux . . .	»	»	160	»	»	190	»	»	30	400	5,5	6 »	400	36	48
Lalbin	70	»	»	»	350	»	»	»	40	350	4	4.350	700	45	60
Forest (à pilon) . . .	»	»	»	280	350	500	»	550	50	300	4	4.3	400	54	72
Cosmos	28	»	»	»	»	»	»	»	28	300	»	0.300	1500	28,3	37

TABLEAU COMPARATIF DU POIDS DES MOTEURS A VAPEUR

Moteurs de 20 chevaux

SYSTÈME	POIDS du générateur à vide	POIDS du moteur	POIDS total	POIDS par cheval à vide	Consommation		POIDS des approv. par chev.-heure	POIDS par	
					vapeur	combust.		cheval-heure	poncel.-heure
	kil.	kil.	kil.	kil.			kil.	kil.	kil.
Dion-Bouton . .	350	750	1.100	55	210	60	78,5	68,5	85
Field-Brotherhood	1.200	850	2.050	102	400	40	22	124	160
Serpollet-Le Blant.	480	450	930	46	215	60	14	60	90
Turgan-Arbel . .	950	450	1.400	70	350	50	20	90	120
Roser-Laval. .	1.400	350	1.750	90	240	26	13	103	130
Field-Filtz . .	1.200	700	1.900	95	280	32	15,5	110	140
Rowan-Gérard . .	1.600	600	2 200	110	380	30	21	131	165
Roser-Willans . .	1.400	1.200	2 600	130	180	22	10,5	140	190
De Dion-Laval. .	350	350	700	35	240	60	15	45	60

TABLEAU COMPARATIF DU POIDS DES MOTEURS ÉLECTRIQUES

SYSTÈMES	Puissance de l'ensemble	POIDS du générateur à vide	POIDS du moteur	Poids total à vide	Durée de la décharge	Consommation par cheval-heure	Poids total par	
							cheval-heure	poncelet-heure
Trouvé	1 chev.	270k.	20k.	290k.	6 h.	24k	87k.	116k.
Tissandier . . .	1 ch.$^1/_3$	130 »	55 »	185 »	2h.30	28 »	110 »	145 »
Renard . . .	10 ch.	150 »	110 »	260 »	2 h.	15 »	35 »	47 »
Tramw.-Nord (Tudor et moteurs Société industrielle.	25 »	2800 »	350 »	3150 »	3 »	»	42 »	56 »
Bunsen avec moteur Rechniewski . .	1 »	80 »	30 »	110 »	10 »	13 »	24 »	32 »
Jeantaud. . . .	4 »	580 »	70 »	650 »	5 »	»	44 »	58 »
Krieger	6 »	650 »	90 »	740 »	8 »	»	27 »	36 »
B. G. S.. . . .	4ch.5	350 »	40 »	390 »	8 »	»	25 »	33 »
Patin.	4 ch.	900 »	40 »	840 »	10 »	»	25 »	33 »

Il ne nous reste plus maintenant, pour terminer cette étude, qu'à tirer les conclusions que l'examen des chiffres de ces différents tableaux nous suggère.

Une remarque générale s'applique en premier lieu à tous les moteurs : c'est que trois facteurs importants sont en jeu : le poids du générateur, le poids du moteur et le poids de l'approvisionnement. C'est en totalisant ces trois facteurs que l'on peut ramener à l'unité : cheval-heure ou poncelet-heure le poids de machine nécessaire, y compris celui des matières nécessaires à l'entretien de la force et à la production du travail.

Toutefois, dans les moteurs électriques actionnés par accumulateurs, il n'y a pas à tenir compte des approvisionnements, ce poids étant compris dans celui des accumulateurs. De même, dans le moteur à pétrole, le poids du carburateur n'est pas à ajouter, car il est compris dans celui du moteur lui-même.

Nous voyons donc, par ces tableaux comparatifs, que le poids minimum auquel ont pu être ramenés les générateurs est de 25 kilogrammes pour des unités d'au moins 20 chevaux. Ce poids diminue encore au-dessus de 25 chevaux, mais pour une chaudière de 1 cheval, produisant 15 à 20 kilogrammes de vapeur à l'heure, il faut compter de 50 à 60 kilogrammes.

Les moteurs à vapeur ont été sensiblement allégés dans ces dernières années ; leur poids a été abaissé à 25 kilogrammes pour des machines d'au moins 20 chevaux. Un moteur de 1 cheval ne peut guère peser moins de 35 kilogrammes, et il consomme, dans les meilleures conditions 10 à 12 kilogrammes de vapeur par heure.

En résumé, tandis qu'une machine à vapeur de 1 cheval de puissance, pèsera, avec son approvisionnement d'eau et de combustible pour une heure, au moins 100 kilogrammes, ce poids tombera à 40 ou 50 kilogrammes pour des unités de 20 à 50 chevaux.

Si nous arrivons maintenant aux moteurs à essence de pétrole, nous constaterons encore que le poids de l'unité s'abaisse proportionnellement à mesure que le moteur est de plus grande puissance. Tandis qu'à vide, un moteur de ce genre, avec ses accessoires, son volant, son carburateur, etc., pèsera de 35 à 40 kilogrammes, un modèle de 10 à 15 chevaux ne pèsera plus que 20 à 25 kilogrammes.

C'est le moteur à essence qui exige les approvisionnements les moins encombrants : 250 à 500 grammes d'essence et 4 à 6 litres d'eau de refroidissement par cheval et par heure. Et encore les types au-dessous de 2 che-

vaux étant refroidis simplement par circulation d'air, suppriment cette eau de réfrigération. Il en résulte donc que l'on peut établir des appareils de 1 cheval pesant 15 à 20 kilogrammes au minimum par cheval-heure, ce qui est vraiment remarquable.

Avec l'électricité, quand on fait usage de piles primaires pour l'obtention du courant, l'approvisionnement de matières pour l'entretien de la force constitue une fraction très importante du poids total en raison de la durée de la décharge. Ainsi il faut compter de ce chef de 10 à 30 kilogrammes suivant la nature du liquide excitateur. Il est presque impossible de descendre au-dessous de 20 kilogrammes par cheval-heure par les piles, et un poids d'appareils de 200 kilogrammes nécessaire pour produire le travail de 736 watts par seconde.

Les moteurs électriques ayant été ramenés à leur plus simple expression, leur poids a été diminué en conséquence, et ils ne pèsent plus guère que 10 à 12 kilogrammes par cheval. Nous arrivons donc, avec l'électricité, à un poids de matériel de 210 kilogrammes par cheval avec les piles, et de 25 kilogrammes avec les accumulateurs Patin ou B. G. S. Par cheval-heure, les piles et les accumulateurs arrivent à peu près au même chiffre pour des unités de 1 à 10 chevaux.

Si nous résumons maintenant toutes ces recherches de façon à connaître quel est le système qui remporte la palme de la légèreté, nous arrivons aux chiffres ci-dessus.

Vapeur, poids de machine à vide, pour 1 cheval.	90	kilogr.
Pétrole — — — .	40	—
Electricité — — — .	25	—

Ce poids est réduit comme suit avec des unités de 20 à 50 chevaux :

Vapeur, le cheval	50	kilogr.
Pétrole —	20	—
Electricité —	25	—

Les approvisionnements (eau, essence, combustible, acide, etc.,) pour assurer la production de 75 kilogrammes par seconde pendant une heure, sont comparativement les suivants :

Vapeur.	12 kilogr. en moyenne.
Pétrole	De 250 gr. à 6 kilogr.
Electricité.	De 0 à 23 —

Le cheval-heure, ressort donc, en définitive aux chiffres que voici :

Moteurs	à vapeur, unité de 1 cheval :	100 kil.	par 20 ch.,	le ch.	40 kil.
—	à essence —	20	—	—	15 —
—	électrique —	35	—	—	25 —

L'avantage est donc pour le moteur à pétrole, à tous les points de vue ; cependant l'électricité commence à lui faire une sérieuse concurrence, depuis l'invention des accumulateurs hyper-légers de Patin et de Bouquet, Garcin et Schivre.

Nous n'insisterons pas sur cette conclusion, nous bornant à rappeler à notre lecteur que tous ces chiffres sont loin d'être absolus, et ne constituent en réalité que des moyennes prises par la comparaison de tous les systèmes. Ils sont forcément très variables, car avec la même machine il est souvent possible de doubler la puissance disponible, sans rien changer à son mécanisme, et simplement en augmentant soit le débit ou la pression de la vapeur, soit la vitesse de rotation. Il est donc possible d'alléger ainsi considérablement un moteur en suivant l'une de ces méthodes, et c'est pourquoi il existe souvent de très notables différences de poids entre deux machines de même puissance, mais dont l'une tourne beaucoup plus vite, ou reçoit une pression plus grande que l'autre.

Quoi qu'il en soit, ces chiffres pourront servir d'indications générales et guider le jugement pour la comparaison entre tel ou tel système de moteur. Nous pensons donc que ces tableaux n'auront pas été inutiles à la suite de cette revue des principaux moteurs actuellement en service dans l'industrie, car ils résument les principales propriétés de ces machines et leurs qualités respectives.

TABLE ALPHABÉTIQUE DES MATIÈRES

A

B

C

D

E

G

M

P

R

S

T

TABLE DES FIGURES

Courbevoie. — Imprimerie E. Bernard et Cie, 14, rue de la Station.
Bureaux : 29, Quai des Grands-Augustins. — Paris.